

ユーザの利用経過を考慮した情報機器の
高齢化対応インターフェースに関する研究

Study on Human Interface of Information Devices

Based on Elderly Users' Cognitive Characteristics and Process of Use

平成16年度

佐藤 稔久

目次

第1章 序論	1
1.1 はじめに ー情報機器の普及ー	1
1.2 本研究の目的	4
1.2.1 情報機器のヒューマンインターフェース	4
1.2.2 ユーザの利用経過を考慮したインターフェース	5
1.3 本論文の構成	7
第2章 情報機器に関する技術的動向	10
2.1 ITSの研究開発動向	10
2.1.1 日本における研究開発状況	11
2.1.2 米国における研究開発状況	13
2.1.3 欧州における研究開発状況	14
2.2 本論文で取り上げるITSアプリケーション	16
2.2.1 車載ナビゲーションシステム	16
2.2.2 狭路走行支援システム	18
2.3 情報ネットワーク家電の研究開発動向	24
第3章 高齢ユーザの諸特性に関する先行研究	27
3.1 高齢化社会の進展	27
3.2 加齢による諸機能の変化のまとめ	28
3.3 高齢ユーザの諸特性に係わる研究事例	31
第4章 認知プロセスの活用による利用経過を考慮したインターフェース検討の方法論	33
4.1 認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェースの検討方法	33
4.1.1 認知プロセスの表現方法	33
4.1.2 認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フロー	37
4.2 認知プロセスを用いた利用経過の概念モデル	39
4.2.1 ユーザの利用状況や状態の変化	39
4.2.2 ユーザの習熟適応性	41
4.2.3 使用時間・使用日数による利用経過の概念モデル	41
4.3 本研究で用いる認知プロセスおよび利用経過の概要	43
第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用	45
5.1 ITS使用時の認知プロセスおよび習熟適応性の概要	45

5.2	認知プロセスを活用した狭路走行支援システムの高齢化対応	
	インターフェースの検討	47
	5.2.1 ドライバー認知プロセスの推定	47
	5.2.2 新しい情報提示の検討	48
	5.2.3 インターフェースプロトタイプの実装	49
	5.2.4 ユーザビリティ評価実験	54
	(1) 実験装置	54
	(2) 実験コース	55
	(3) インターフェース	56
	(4) 評価項目	56
	(5) 実験手順	58
	(6) 実験結果および考察	58
	(7) 情報処理リソースの観点による考察	66
	5.2.5 狭路走行支援システムの高齢化対応インターフェースのまとめ	68
5.3	車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応性の検討	69
	5.3.1 ドライバー習熟適応性の評価指標	70
	(1) ドライビングシミュレータ(DS)実験による評価指標の検討	71
	(2) DS 実験の結果および考察	79
	(3) DS 実験による評価指標の抽出	92
	(4) DS 実験によるドライバー習熟適応性モデル	93
	(5) 実車実験による評価指標の妥当性検討	94
	(6) 実車実験の結果および考察	96
	(7) ドライバー習熟適応性の評価指標のまとめ	101
	(8) DS 実験と実車実験によるドライバー習熟適応性モデルの比較	102
	5.3.2 メニュー階層構造がドライバー習熟適応性に及ぼす影響の検討	104
	(1) 市販車載ナビゲーションシステムのメニュー階層構造の調査	104
	(2) メニュー階層構造に基づくドライバー習熟適応性の年齢による比較	110
	5.3.3 車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応性のまとめ	120
5.4	本章のまとめ	121
第 6 章	情報家電の高齢化対応インターフェース検討への適用	122
6.1	情報家電使用時の認知プロセスおよび習熟適応性の概要	122
6.2	認知プロセスを活用した情報家電コントロール端末の高齢化対応	
	インターフェースの検討	124
	6.2.1 実機を用いた調査	124
	(1) 実験概要	124
	(2) 実験結果	126
	6.2.2 実機使用時のユーザ認知プロセスの推定	127

6.2.3	情報家電コントロール端末のインターフェース提案	128
6.2.4	情報家電コントロール端末のユーザビリティ評価実験	130
(1)	実験概要	130
(2)	実験結果	131
6.2.5	高齢化対応のためのコントロール端末のインターフェース改善	134
6.2.6	改善インターフェースのユーザビリティ評価実験	136
(1)	実験概要	136
(2)	実験結果	136
(3)	考察	139
6.2.7	情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェースのまとめ	140
6.3	情報家電コントロール端末使用時のユーザ習熟適応性の検討	142
6.3.1	実験概要	142
6.3.2	実験結果	142
(1)	操作タスク完了者割合	142
(2)	操作時間	143
(3)	主観的評価	146
6.3.3	考察	149
(1)	若年ユーザの習熟適応性	149
(2)	高齢ユーザの習熟適応性	149
6.3.4	情報家電コントロール端末使用時のユーザ習熟適応性のまとめ	151
6.4	本章のまとめ	152
第7章	まとめと今後の課題	153
7.1	本研究のまとめ	153
7.1.1	ITSでの検討のまとめ	153
7.1.2	情報家電での検討のまとめ	154
7.1.3	認知プロセスの活用によるインターフェース検討の有効性	155
7.2	今後の課題	156
参考文献		158
謝辞		167

目 次

図 1.1	日常生活支援に関連する情報機器の普及の現状	1
図 1.2	家庭におけるインターネット接続回線	2
図 1.3	家庭内 LAN の構築状況 (2001 年度)	2
図 1.4	車載ナビゲーションシステムの累計出荷台数	3
図 1.5	ETC の累計出荷台数	3
図 1.6	日常生活における情報機器の分類	4
図 1.7	移動支援機器使用時における高齢ドライバーの問題点	5
図 1.8	本論文の構成	9
図 2.1	ITS の概念図	10
図 2.2	狭路走行支援システムに用いられる CCD カメラ	18
図 2.3	2つの CCD カメラによる位置検出法	18
図 2.4	狭路走行支援システムによる障害物検出	19
図 2.5	狭路走行にまつわる用語の定義	20
図 2.6	白線による経路情報	20
図 2.7	位置関係情報	21
図 2.8	狭路専用テストコース	22
図 2.9	各インターフェースの結果一覧および実用レベル	22
図 2.10	情報家電のイメージ図	24
図 3.1	年齢 3 区分別人口の推移	27
図 3.2	30 歳代に対する 60 歳代の相対的機能水準	28
図 4.1	最も基本的なユーザの認知プロセス (基本認知プロセス)	34
図 4.2	行為の 7 段階モデル	34
図 4.3	SRK モデル	35
図 4.4	自動車運転時におけるドライバー認知プロセス	36
図 4.5	ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の 検討フロー	37
図 4.6	認知・判断過程における効率化の概念図	38
図 4.7	ユーザの利用状況や状態変化の概念図	40
図 4.8	ユーザの習熟適応性の概念図	41
図 4.9	使用時間, 使用日数に基づいたユーザの利用経過	42

図 4.10	本論文で用いるユーザの認知プロセス	43
図 4.11	ITS アプリケーション使用時におけるドライバーの利用経過	44
図 4.12	情報家電使用時におけるユーザの利用経過	44
図 5.1	狭路走行支援システム使用時におけるドライバー認知プロセス(一般化)	45
図 5.2	車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性の 概念モデル	46
図 5.3	狭路走行時におけるドライバー認知プロセス	47
図 5.4	位置関係情報使用時におけるドライバー認知プロセス	48
図 5.5	ステアリング操作情報による判断・予測過程の効率化	49
図 5.6	推奨経路走行時におけるステアリング操作角度の結果 1	50
図 5.7	推奨経路走行時におけるステアリング操作角度の結果 2	51
図 5.8	ステアリング操作情報のインターフェースプロトタイプ 1	52
図 5.9	ステアリング操作情報のインターフェースプロトタイプ 1	52
図 5.10	ステアリング操作情報の実装用インターフェース	53
図 5.11	ステアリング操作情報の提示位置	53
図 5.12	ドライビングシミュレータの概観	54
図 5.13	車内インパネ付近のディスプレイ配置	55
図 5.14	ドライビングシミュレータの細街路に構築した狭路コース	55
図 5.15	Cooper & Harper の評定尺度を用いた主観的評価	57
図 5.16	視覚に対する負担および判断に関する負担の主観的評価用スケール	57
図 5.17	位置関係確認における有効性の主観的評価用スケール	57
図 5.18	狭路走行速度および狭路走行時間の結果	59
図 5.19	狭路走行軌跡の結果の一例：若年被験者	60
図 5.20	狭路走行軌跡の結果の一例：高齢被験者	60
図 5.21	視認行動に関する結果	62
図 5.22	Cooper & Harper の評定尺度を用いた精神的作業負担の主観的評価の結果	63
図 5.23	視覚に対する負担および判断に関する負担の主観的評価の結果	64
図 5.24	位置関係確認における有効性の主観的評価の結果	65
図 5.25	若年ドライバーと高齢ドライバーの情報処理リソースの比較	67
図 5.26	ドライバーの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の 検討	68
図 5.27	車載ナビ操作のドライバー習熟適応性に関する研究フロー	70
図 5.28	実験で使用した DS の概略図	71
図 5.29	実験で使用した車載ナビ	72
図 5.30	計測対象となる市街地道路の映像例	72

図 5.31	視認行動に関する定義	74
図 5.32	車載ナビ操作への習熟による操作間隔時間の分散の減少（仮説）	75
図 5.33	心電図から RR 間隔の変動係数の算出過程	76
図 5.34	指尖脈派からモーメント，稠密度の算出	76
図 5.35	RNASA-TLX における 6 つの評価項目	77
図 5.36	本実験で用いた Cooper & Harper の評定尺度	78
図 5.37	車載ナビ操作における主観的習熟度の評価スケール	78
図 5.38	実験手順の概要	79
図 5.39	液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果	81
図 5.40	液晶モニターおよびリモコンに対する 1 回当たりの平均視認時間の結果	82
図 5.41	走行時における操作タスクの所要時間の結果	84
図 5.42	走行時における操作間隔時間の分散の結果	85
図 5.43	車両横変位量の標準偏差の結果	87
図 5.44	RR 間隔の変動係数の結果	88
図 5.45	RNASA-TLX の結果	90
図 5.46	主観的習熟度の結果	91
図 5.47	車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性モデル	93
図 5.48	実験コースの一例	95
図 5.49	実車実験における実験手順	96
図 5.50	実車実験における総視認時間の結果	97
図 5.51	実車実験における 1 回当たりの平均視認時間の結果	98
図 5.52	実車走行時における操作タスクの所要時間の結果	99
図 5.53	実車実験における操作間隔時間の分散の結果	99
図 5.54	実車実験における RNASA-TLX の結果	100
図 5.55	DS 実験および実車実験におけるドライバー習熟適応性モデルの比較	102
図 5.56	調査対象とした市販車載ナビの画面表示例	105
図 5.57	施設検索に至るメニュー階層構造（車載ナビ A・B）	105
図 5.58	施設検索に至るメニュー階層構造（車載ナビ C・D・E）	106
図 5.59	3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層構造 （車載ナビ A・B）	107
図 5.60	3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層構造 （車載ナビ C・D・E）	108
図 5.61	本実験で用いた車載ナビ	110
図 5.62	各操作タスクにおける 0 階層目の画面	111
図 5.63	各操作タスクにおけるメニュー階層構造	111
図 5.64	液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果	114

図 5.65	走行時における操作タスクの所要時間の結果	116
図 5.66	RNASA-TLX の結果	117
図 6.1	情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ認知プロセス(一般化)	123
図 6.2	情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ習熟適応性の概念モデル	123
図 6.3	各家電のインターフェース	125
図 6.4	実機による操作タスク完了者割合：若年被験者	126
図 6.5	家電使用時におけるユーザ認知プロセス	127
図 6.6	コントロール端末として使用するタッチパネルディスプレイ	128
図 6.7	コントロール端末使用時におけるユーザ認知プロセス	129
図 6.8	コントロール端末のインターフェースプロトタイプ	129
図 6.9	実験で使用したアンケート	130
図 6.10	実験で使用した状況説明文	131
図 6.11	操作タスク完了者割合の結果	131
図 6.12	操作時間の結果	132
図 6.13	画面内容理解に関する主観的評価結果	133
図 6.14	操作判断に関する主観的評価結果	133
図 6.15	不安感に関する主観的評価結果	134
図 6.16	手順表示型インターフェース使用時における高齢ユーザの認知プロセス	135
図 6.17	コントロール端末の改善インターフェース	135
図 6.18	項目選択型インターフェース使用時における高齢ユーザの認知プロセス	136
図 6.19	操作タスク完了者割合の結果	137
図 6.20	操作時間の結果	137
図 6.21	画面内容理解に関する主観的評価結果	138
図 6.22	操作判断に関する主観的評価結果	138
図 6.23	不安感に関する主観的評価結果	139
図 6.24	情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェース要件の検討	141
図 6.25	操作タスク完了者割合の 1 回目と 2 回目の比較 (高齢被験者)	143
図 6.26	操作時間の 1 回目と 2 回目の比較 (若年被験者)	144
図 6.27	操作時間の 1 回目と 2 回目の比較 (高齢被験者)	144
図 6.28	画面内容理解に関する主観的評価の 1 回目と 2 回目の比較 (若年被験者)	146
図 6.29	画面内容理解に関する主観的評価の 1 回目と 2 回目の比較 (高齢被験者)	147
図 6.30	操作判断に関する主観的評価の 1 回目と 2 回目の比較 (若年被験者)	147
図 6.31	操作判断に関する主観的評価の 1 回目と 2 回目の比較 (高齢被験者)	147
図 6.32	不安感に関する主観的評価の 1 回目と 2 回目の比較 (若年被験者)	148
図 6.33	不安感に関する主観的評価の 1 回目と 2 回目の比較 (高齢被験者)	148

図 6.34	項目選択型インターフェースにおける高齢ユーザの認知プロセス	150
図 6.35	項目選択型インターフェースにおける習熟適応後の認知プロセス	150
図 7.1	ユーザの認知プロセスの活用による高齢化対応インターフェース要件の 検討方法の有効性	156
図 7.2	使用時間の観点でのユーザ利用経過	157

表 目 次

表 2.1	ITS の 9 つの開発分野と 21 の利用者サービス	11
表 2.2	ASV 推進計画	12
表 2.3	IVI の対象とする車両プラットフォームと交通状況	14
表 2.4	ADASE におけるロードマップ	15
表 3.1	高齢者の感覚・身体機能の衰えとそれに対応する配慮例	31
表 5.1	障害物に衝突した被験者数	61
表 5.2	Cooper & Harper の評定尺度による主観的評価の分散分析表	63
表 5.3	障害物と自車の位置関係確認における有効性の主観的評点の分散分析表	66
表 5.4	推奨経路と自車の位置関係確認における有効性の主観的評点の分散分析表	66
表 5.5	操作タスク A の内容	73
表 5.6	操作タスク B の内容	73
表 5.7	操作タスク C の内容	73
表 5.8	実験条件に応じた被験者の割り当て	78
表 5.9	DS 実験によるドライバー習熟適応性の評価指標のまとめ	92
表 5.10	ドライバー習熟適応性の評価指標に関する DS 実験と実車実験の比較	101
表 5.11	タッチパネルとリモコンの特徴	103
表 5.12	施設検索に至るメニュー階層数と 1 階層のボタン数	109
表 5.13	3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層数と 1 階層のボタン数	109
表 5.14	各車載ナビの総機能数一覧	109
表 5.15	被験者の割り当てと年齢一覧	112
表 6.1	各家電における予約設定内容一覧	124
表 6.2	炊飯予約の操作時間に関する分散分析表	145
表 6.3	エアコンタイマー予約の操作時間に関する分散分析表	145
表 6.4	ビデオ録画予約の操作時間に関する分散分析表	145

第1章 序章

1.1 はじめに ー情報機器の普及ー

近年、情報通信技術の高度な発展を背景として、情報化社会が急速に進んでいる。個人レベルでの情報作成、情報伝達、情報収集などのために情報機器の活用が浸透し、日常生活において情報機器は必要不可欠な手段となりつつある。特に、能力の補償や利便性・快適性の向上を目的とする、いわゆる日常生活の支援のために情報機器の活用が盛んに行われるようになってきている。

これまでに、日常生活には様々な機器が導入されてきている。最初に導入されたのが、家事労働を軽減するための製品である白物家電と映像音声系の AV 機器である。その後、デジタル化が進展し、CD、DVD などの映像音響機器や、パソコン、プリンタなどのパーソナル計算機、また通信機能をデジタルで処理する携帯電話などが導入された。2004年3月において、日常生活支援に係わる情報機器の普及率を図 1.1 に示す[1]。生活家電は、電気冷蔵庫 98%、電子レンジ 96%、電気洗濯機 99%、エアコン 87%といずれも 100%に近い普及率を示している。また映像音響機器の普及率もテレビ 99%、VTR82%と普及が進捗し、パソコン、携帯電話という最近になって普及の促進している情報機器も 65%、85%と既にかなり生活に身近なものとなっている。

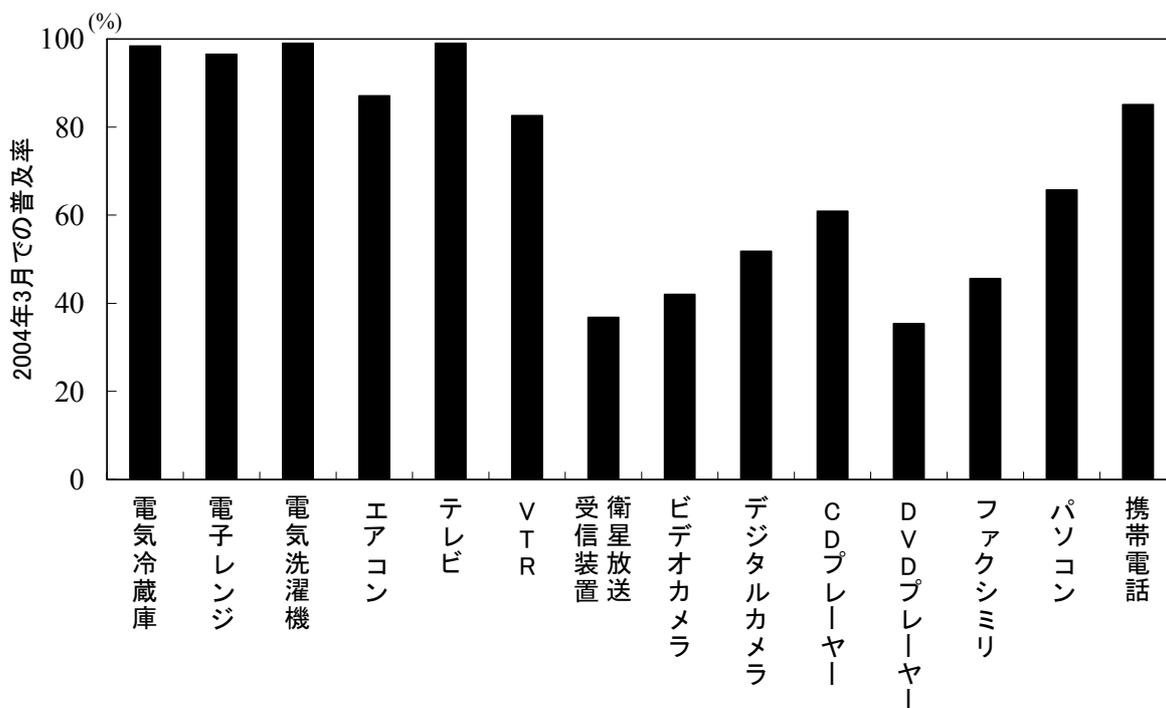


図 1.1 日常生活支援に関連する情報機器の普及の現状

第1章 序章

情報化社会の進展の背景として、家庭における日常生活支援に関連した情報機器の普及に加えて、情報機器のネットワーク化の進展が挙げられる。図 1.2 に家庭におけるインターネット接続回線の 2000 年度と 2001 年度の比較グラフを示す[2]。近年の家庭におけるブロードバンドネットワークの普及は目覚しく、2001 年度は、2000 年度に比べてアナログ回線や従量制の ISDN というナローバンドネットワークの比率が減少する一方で、ブロードバンドネットワークの比率が増加し、特に ADSL の増加が顕著である。

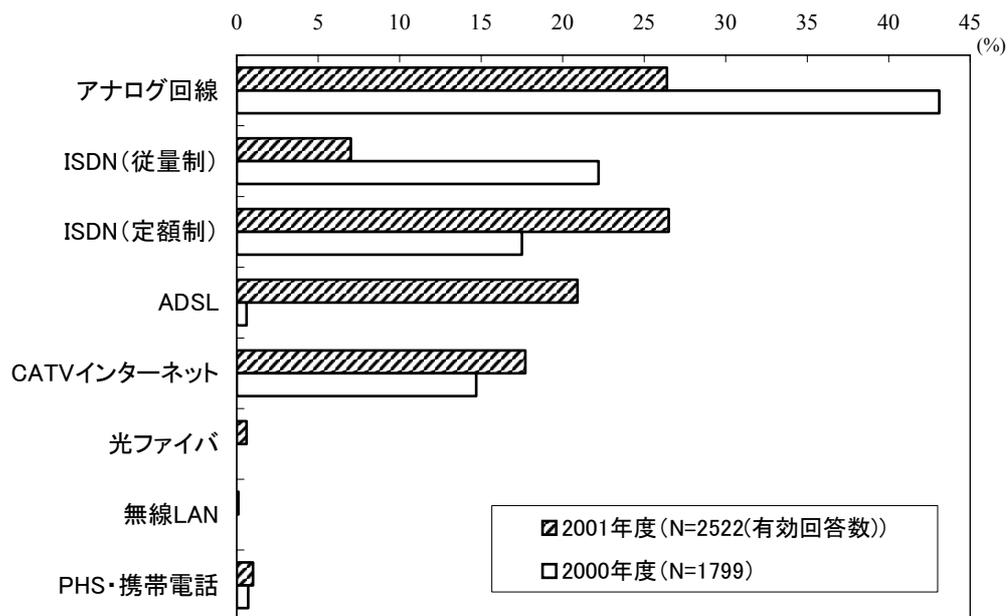


図 1.2 家庭におけるインターネット接続回線

また図 1.3 に示すように、図 1.2 で調査した家庭全体の約 4 分の 1 が家庭内 LAN を導入している[2]。家庭内 LAN の普及は、生活空間に存在する様々なコンピュータがネットワークで結ばれ、ネットワークを介して多種多様な情報を利用できる環境の基盤が整っていることを示している。

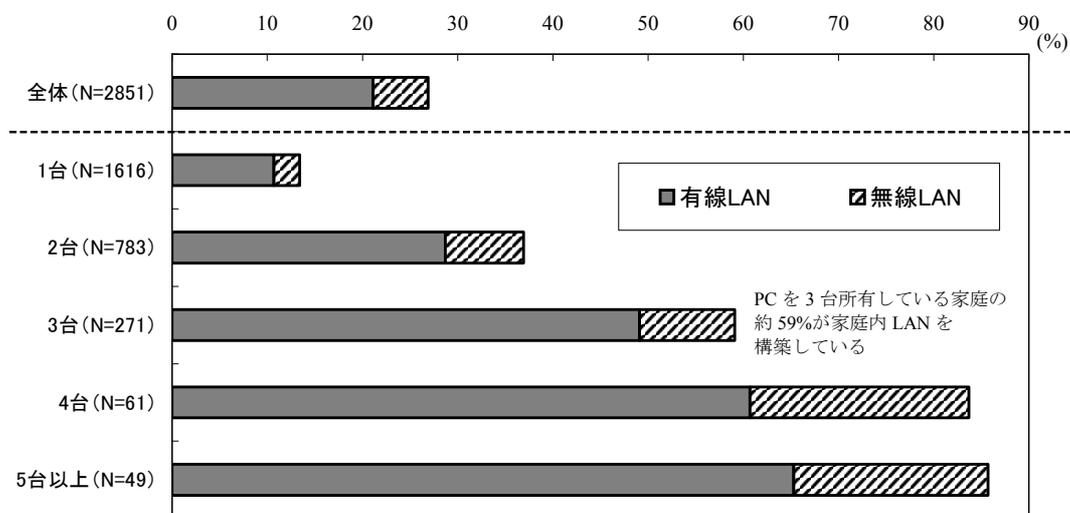


図 1.3 家庭内 LAN の構築状況 (2001 年度)

第1章 序章

また、生活家電、映像音響機器やパーソナルコンピュータなど家庭内における情報機器の普及やネットワーク化に加えて、家庭外のいわゆる移動時における情報機器の普及およびネットワーク構築も、近年急速に進展している。移動時における情報機器として、自動車運転中に目的地までの経路誘導情報を提供する車載ナビゲーションシステムや、高速道路の料金所において自動で料金を収受するETCなどが挙げられる。図1.4および図1.5に車載ナビゲーションシステムとETCの累計出荷台数を示す[3][4]。これらの図より、特にここ2,3年で急速に普及が進んでいることが分かる。

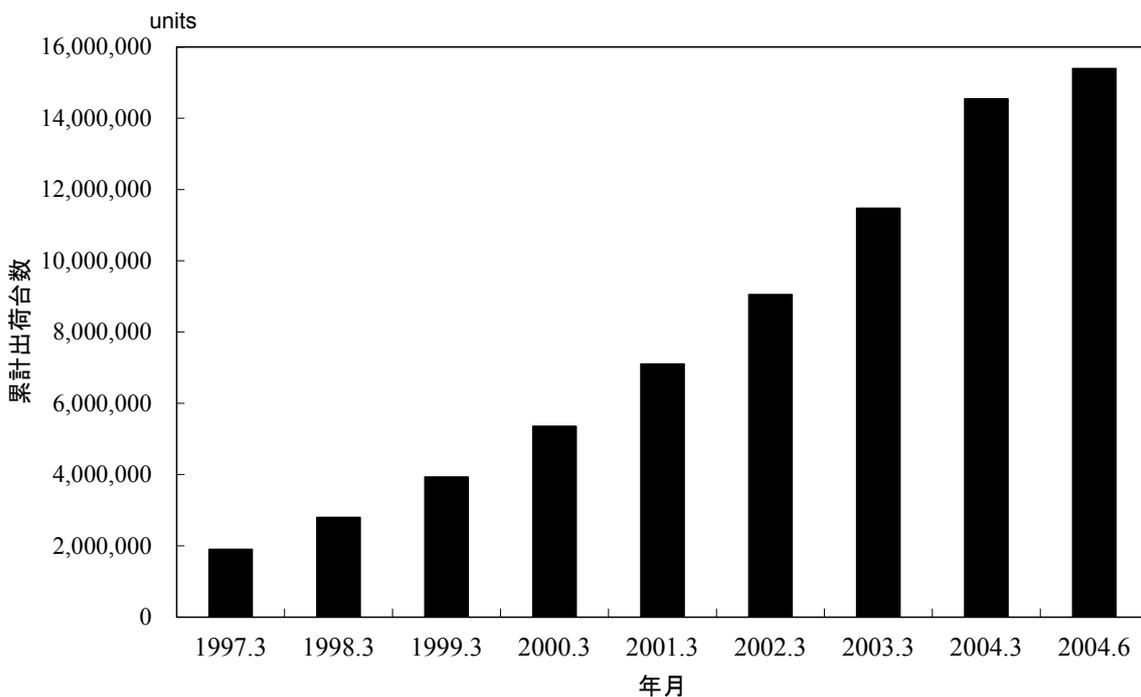


図 1.4 車載ナビゲーションシステムの累計出荷台数

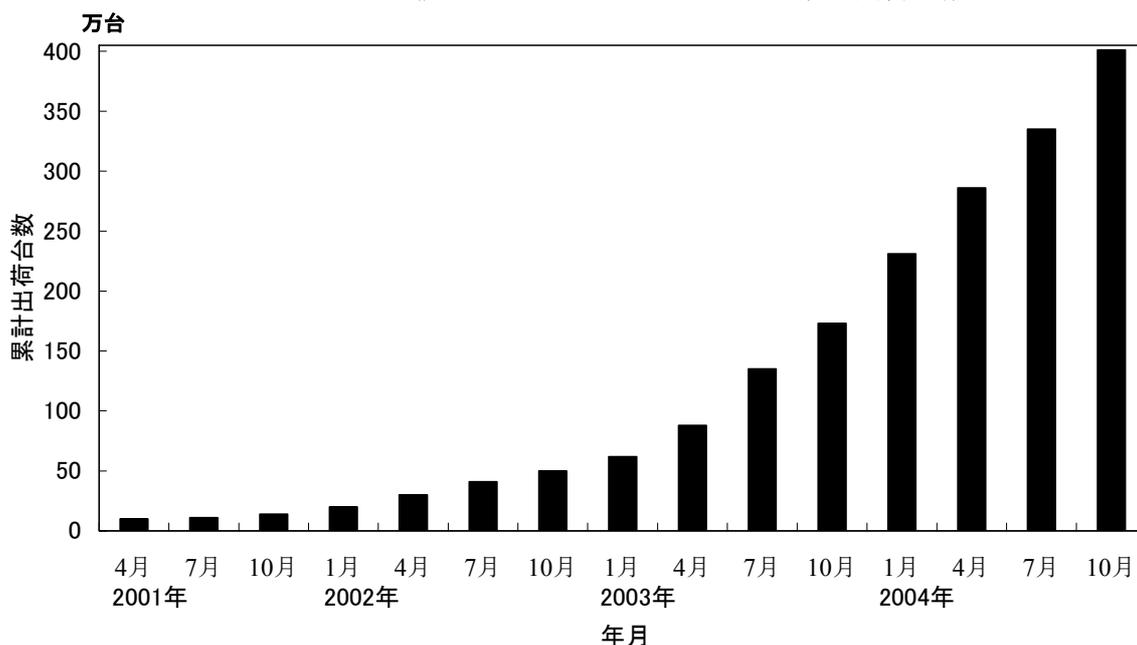


図 1.5 ETC の累計出荷台数

以上のように、情報通信技術を活用した家庭内外における情報機器の実用化およびネットワーク化の進捗が目覚しく、今後も情報化社会が発展していくと予想される。本論文では、情報通信技術を用いた情報機器に関して、図 1.6 に示すように移動時に支援するための情報機器を移動支援機器、家庭内など移動以外の場面で支援するための情報機器を生活支援機器と分類する。

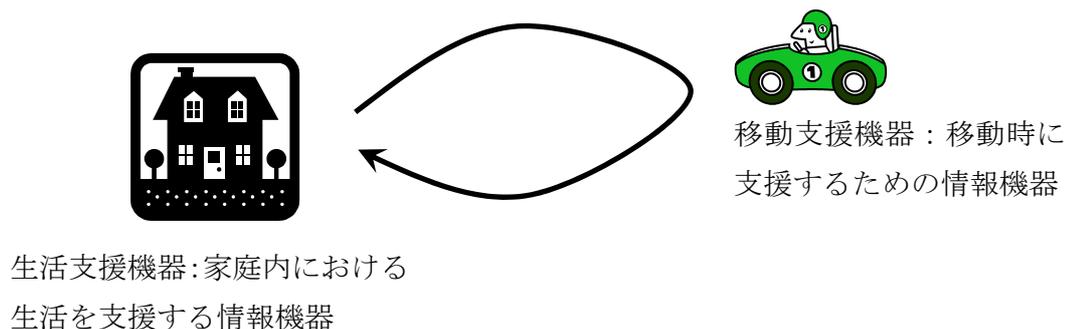


図 1.6 日常生活における情報機器の分類

1.2 本研究の目的

1.2.1 情報機器のヒューマンインターフェース

移動支援機器および生活支援機器の普及に伴い、ユーザは様々な場面で色々や情報を受信し、発信することが可能となる。このように、情報化社会の進展に伴いユーザの身の回りには確実に情報量が増加しているが、ユーザ自身の情報処理の総量には自ずと限界があり、周りの情報量の増加に合わせてユーザの情報処理の総量が増加することは、人間の特性上おこりえないことである。

特に移動支援機器の場合、ドライバーは自動車運転に係わる情報処理と支援機器から提供された情報の処理という2種類の情報処理タスクを行うこととなるが、あくまで主タスクは自動車運転に係わる情報処理である。そのため、主タスクの情報処理の妨げとならないように、適切なタイミング、適切な形式で移動支援機器による情報提供を行う必要がある。

また生活支援機器に関して、家電機器などは便利さを追求し、様々な機能を付加して多機能化が進んでいる。機能が増えることで、ユーザは使用したい機能を多くの機能の中から探索する必要があり、ユーザが探索しやすいように、多種多様な機能を適切に整理して提供する必要がある。

以上のように、移動支援機器および生活支援機器とユーザとのインタラクションにおい

て、ユーザが適切な情報処理配分を行うために、また移動支援機器および生活支援機器のユーザビリティ[5][140]（製品、環境、情報などの使いやすさ、わかりやすさ。ユーザが特定の利用状況の中で、目的を達成するためにどれだけ効果的に能率をあげて満足に製品を使うことができるかという度合い。）を向上するために、ユーザの情報処理特性に合わせて各支援機器の情報提供方法を工夫する、つまりヒューマンインターフェース（HMI: Human Machine Interface/Interaction）の研究が必要不可欠である。

特に、今後の高齢化社会の進展に伴い、高齢者が移動支援機器および生活支援機器を使用する機会は増加すると予想されるが、高齢ユーザの加齢に伴う諸機能の変化が情報機器とのインタラクションにおいて影響を及ぼすと懸念される。移動支援機器の場合、高齢ドライバーは加齢による情報処理特性の変化から、運転中に移動支援機器からの情報取得が困難となり、移動支援機器による情報提示が却って運転行動の妨げとなることが懸念される（図 1.7）。生活支援機器を使用する場合、生活支援機器とユーザとの1対1のインタラクションであるため、移動支援機器に比べると加齢による情報処理特性の変化による影響が少ないと予想される。しかし、身の回りに多種多様な機能を持つ家電機器が存在するようになると、それぞれの家電機器の操作方法を覚える必要があり、高齢ユーザではとても各操作方法を覚えきれず、どの家電機器も適切に操作することが出来ない可能性も考えられる[138]。移動支援機器および生活支援機器を高齢ユーザにとっても使いやすいものとするためには、高齢ユーザの情報処理特性を考慮したヒューマンインターフェースが必要不可欠である。

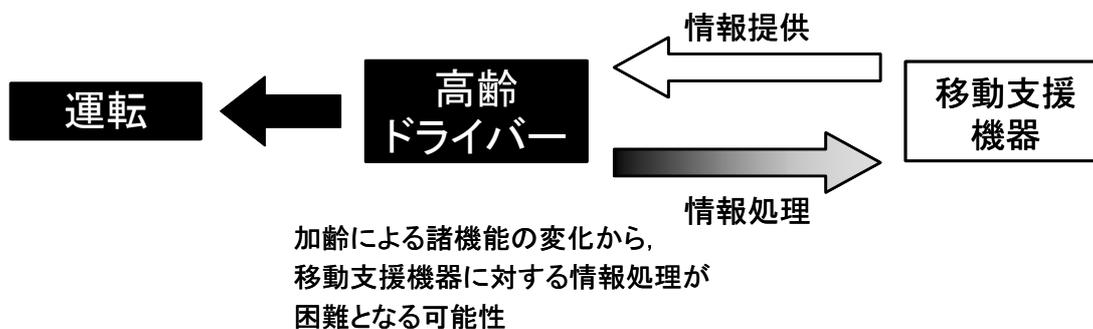


図 1.7 移動支援機器使用時における高齢ドライバーの問題点

1.2.2 ユーザの利用経過を考慮したインターフェース

従来のヒューマンインターフェース研究においては、ユーザの情報処理特性を画一的かつ定常的と仮定して情報提供方法を検討してきた。しかし、人間は一人一人多様な特性を持っており、何か1つの基準値に合わせようとするとうずみが生ずる可能性がある。そこで、近年、ユーザの情報処理特性を画一的に考えるのではなくユーザ特性の個人毎の多様

第1章 序章

性に着目し、ユーザ特性の個人差を考慮したインターフェース設計（個人適合化インターフェース）が注目されている[6]。個人適合化インターフェースでは、一人一人の特性にカスタマイズされたインターフェースを構築する必要がある。近年の計算機能力の向上という背景から、技術的には個人適合化インターフェースは十分に可能であると考えられる。

一方、日常生活を営む上では時間の流れが存在し、移動支援機器および生活支援機器を使用する際に、この時間の流れに伴ってユーザの利用状況や使用環境は変化する可能性がある。時間の流れに伴うユーザの利用状況や使用環境の変化が移動支援機器および生活支援機器のユーザビリティに影響を及ぼすことは十分に考えられ、ヒューマンインターフェースを構築する上で、ユーザの情報処理特性を定常的と仮定するのではなく、時間の流れに伴うユーザの利用状況や使用環境の変化による情報処理特性の変化を考慮することも重要である。

時間の流れとして、例えば、自動車で移動する際、走行開始してから目的地に到着するまで、走行環境やそれに伴うドライバーの状況は時々刻々と変化する。ドライバーの利用状況が変化する中で移動支援機器を使用する場合、利用状況の変化に伴うドライバー特性の変化を考慮した情報提供方法が必要である。

また移動支援機器および生活支援機器とも、1機器につき1回限りの使用ではなく、機器購入後何度も使用する。何度も使用することで機器の使用に慣れていき、この慣れによる支援機器のユーザビリティに対する影響は容易に予想される。

また機器の使用日によっては、少し体調が悪かったり、眠気が多かったりとユーザの心身状態などが変化することが予想され、移動支援機器および生活支援機器のインターフェースを設計する際に、機器の使用日によるユーザの心身状態の変化を考慮することも重要である。

本研究では、以上のような、移動支援機器を使用する際のドライバー利用状況の変化、移動支援機器および生活支援機器を何度も使用する上での慣れ、また各支援機器を使用するその日の体調など使用日時によるユーザ心身状態の変化を、包括的に移動支援機器および生活支援機器に対するユーザの利用経過と定義する。移動支援機器および生活支援機器のヒューマンインターフェースを構築するに当たって、従来のようにユーザの情報処理特性を定常的と捉えるのではなく、ユーザの利用経過を考慮する必要があると考えられる。

インターフェースを設計する際に、ユーザの利用経過を考慮するためには、

- ・利用経過により、ユーザの情報処理特性がどのように変化するのか
- ・ユーザの情報処理特性の変化が情報機器のユーザビリティにどのような影響を及ぼすのか

これらを明らかにした上で、ユーザの利用経過を考慮できるインターフェース要件・設計指針を抽出することが必要である。

第1章 序章

高齢ユーザは加齢による情報処理特性の変化が懸念されるが、移動支援機器および生活支援機器のユーザビリティに与える高齢ユーザの利用経過による影響は、若年ユーザに比べて大きい／小さいのかほとんど明らかになっていない。そのため、情報機器のユーザビリティに与えるユーザの利用経過による影響について、年齢による比較を行った上で、高齢ユーザの利用経過を考慮した移動支援機器および生活支援機器のインターフェースを検討することが重要である。

以上のことから、本論文では、

- ① 移動支援機器および生活支援機器の高齢化対応インターフェースの検討
 - ② ユーザの利用経過を考慮した移動支援機器および生活支援機器のインターフェースに関する基礎的検討
- を目的とする。

①に関して、高齢ユーザの情報処理特性を考慮したインターフェース要件の検討方法を提案し、提案する方法を用いて移動支援機器および生活支援機器の高齢化対応インターフェースを検討する。②に関して、移動支援機器、生活支援機器のインターフェースがユーザの利用経過による情報処理特性の変化に与える影響の年齢による比較・検討を行う。

研究対象として、移動支援機器では、近年研究開発が盛んに行われている ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) を取り上げ、生活支援機器では、今後実用化されていく情報ネットワーク家電を取り上げる。

1.3 本論文の構成

第2章では、はじめに ITS に関する研究開発動向をまとめ、ITS の具体的なアプリケーションとして本論文で取り上げる車載ナビゲーションシステムと狭路走行支援システムについて述べる。次に、情報ネットワーク家電の研究開発動向をまとめる。

第3章では、高齢者と若年者の情報処理特性に関する特徴をまとめ、高齢ユーザの諸特性に関する先行研究事例をまとめる。

第4章では、本研究で提案する方法論の概要を示す。はじめに、情報機器使用時におけるユーザの情報処理過程（本論文では、情報機器使用時におけるユーザの情報処理過程を「ユーザの認知プロセス」と記す。）の表現方法について例示する。次に、加齢による情報処理特性の変化が懸念される高齢ユーザに対応したインターフェースの検討方法として、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法を提案する。続いて、この認知プロセスを用いてユーザの利用経過に関する概念モデルを示し、移動支援機器および生活支援機器それぞれにおけるユーザの利用経過に係わる研究課題

第1章 序章

を概観する。

第5章では、ユーザの利用経過に係わる研究課題の一つであるユーザの習熟適応性に着目し、認知プロセスの活用による、習熟適応性を考慮したITSの高齢化対応インターフェースの検討事例を示す。はじめに、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法を狭路走行支援システムに適用する。続いて、ITSに対するドライバー習熟適応性の研究として、車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性の評価指標を明らかにし、この指標に基づいて車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応過程を検討する。また車載ナビゲーションシステムのメニュー階層構造が若年／高齢ドライバーの習熟適応性に与える影響を検討する。

第6章では、第5章と同様にユーザの利用経過に係わる研究課題の一つであるユーザの習熟適応性に着目し、認知プロセスの活用による、習熟適応性を考慮した情報ネットワーク家電の高齢化対応インターフェースの検討事例を示す。はじめに、ITSの高齢化対応インターフェースの検討で用いたユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法を情報ネットワーク家電に適用する。続いて、情報ネットワーク家電に対するユーザ習熟適応性の研究として、情報ネットワーク家電のインターフェースが若年／高齢ユーザの習熟適応性に及ぼす影響を検討する。

第7章では、本論文で得られた知見をまとめ、今後の課題を示す。

本論文の第2章から第6章までの流れをまとめると、図1.8のように示される。

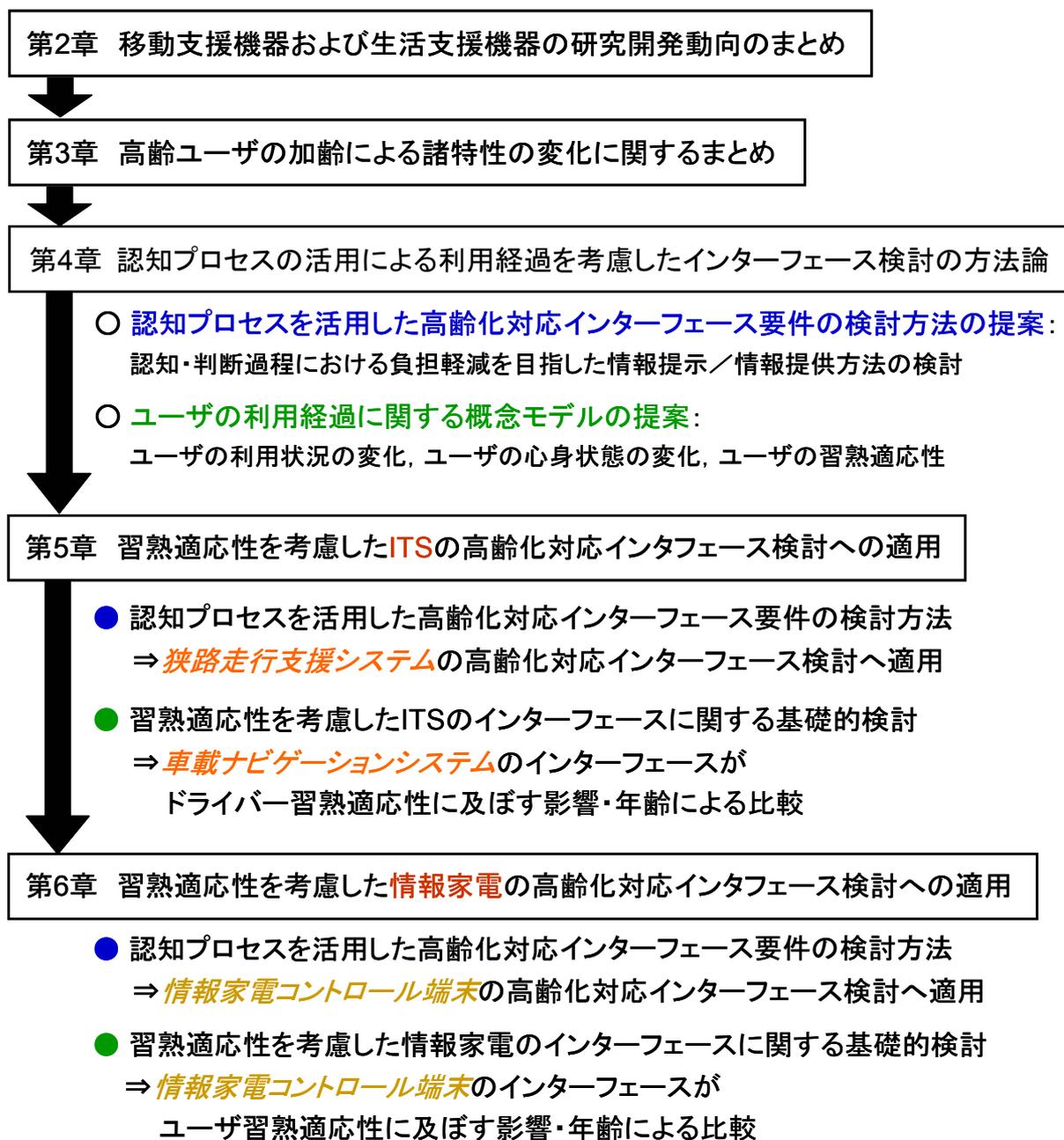


図 1.8 本論文の構成

第2章 情報機器に関する技術的動向

2.1 ITSの研究開発動向

ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) とは, 人と道路と車両を一体のシステムとして構築することにより, 安全, 快適で効率的な移動を実現するための情報を迅速かつ正確に, また分かりやすく利用者に提供する社会システムである[7]. ITSにより, 道路交通の安全性, 輸送効率, 快適性の飛躍的向上を実現すると共に, 渋滞の軽減といった交通の円滑化を促し, 環境保全に大きく寄与する効果が期待される. ITSのシステム概念図を図2.1に示す.

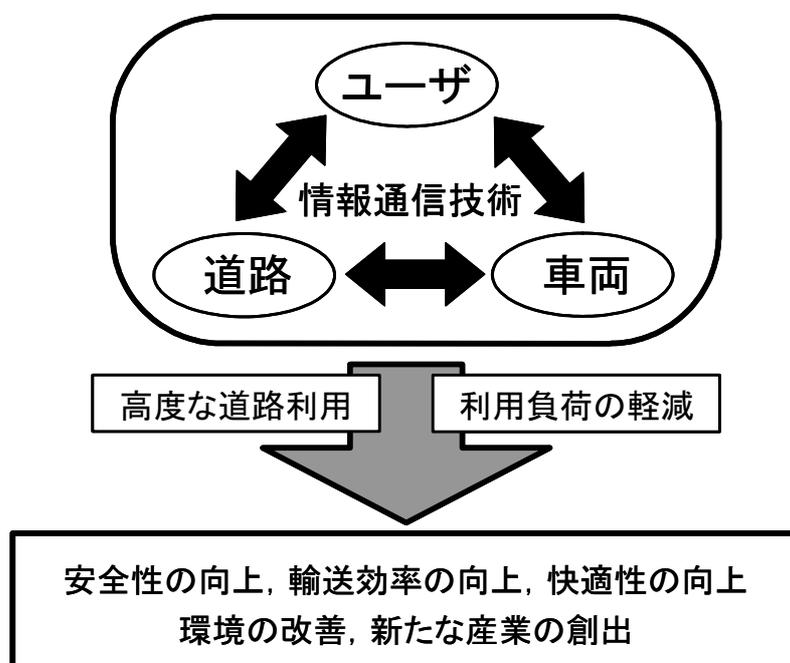


図 2.1 ITS の概念図

ITSの定義として, 米国では以下のように言われている.

“ITS is the application of computers, communications and sensor technology to surface transportation. Used effectively, ITS opens the door to new ways of understanding, operating, expanding, refining, reconfiguring and using the transportation system.” [8]

しかし, 近年の情報通信技術の進展により ITSの適用分野は多岐に渡っていることからその定義を一意に定めるのは非常に困難であり, 実施されるサービスや取り組む問題によって明確にすることが重要である. ここでは, 日本, 米国, 欧州の ITSに関する取り組み例を簡単に紹介する.

2.1.1 日本における研究開発状況

日本では、ITSはIT国家戦略として位置付けられ、重点的に実施すべき施策として、IT革命を推進する「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT戦略本部）」（2001年1月設置）のもと、国土交通省、警察庁、総務省、経済産業省の4省庁が連携して推進され、また産学によるITS推進団体であるITS JapanとITSの国際標準化を進めるITS標準化委員会とも連携して推進されている[9]。ITSの研究・開発として、表2.1に示す9つの開発分野と21の利用者サービスが設定されている[10]。

表2.1 ITSの9つの開発分野と21の利用者サービス

	開発分野	利用者サービス
1	ナビゲーションシステムの高度化	1) 交通関連情報の提供
		2) 目的地情報の提供
2	自動料金収受システム	3) 自動料金収受
3	安全運転の支援	4) 走行環境情報の提供
		5) 危険警告
		6) 運転補助
		7) 自動運転
4	交通管理の最適化	8) 交通流の最適化
		9) 交通事故時の交通規制情報の提供
5	道路管理の効率化	10) 維持管理業務の効率化
		11) 特殊車両等の管理
		12) 通行規制情報の提供
6	公共交通の支援	13) 公共交通利用情報の提供
		14) 公共交通の運行・運行管理支援
7	商用車の効率化	15) 商用車の運行管理支援
		16) 商用車の連続自動運転
8	歩行者等の支援	17) 経路案内
		18) 危険防止
9	緊急車両の運行支援	19) 緊急時自動通報
		20) 緊急車両経路誘導・救援活動支援
		21) 高度情報通信社会関連情報の利用

具体的なプロジェクトとして、AHS（Advanced Cruise-Assist Highway Systems: 走行支援道路システム）[11][12]とASV（Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車）[13][14]が挙げられる。AHSはドライバーや車両側のセンサーでは検知できない様々な危険事象を道路インフラセンサーにより検出し、通信技術を用いてドライバーへ情報提供を行うことで、道路交通の安全性の向上を図るシステムである。AHSでは、システムによるドライバーへの

第2章 情報機器に関する技術的動向

サービスレベルとして、

AHS-i (情報提供サービス) : 走行環境情報の提供及び危険警告を行う。

AHS-c (制御支援サービス) : インフラや車両のセンサからの情報を基に車両の部分的な制御を行い、運転補助を行う。

AHS-a (自動走行サービス) : 自動走行を行う。

の3段階を設定している。またサービス域として、交通事故の類型別の分析から死傷者数および損害額の全体に占める割合の高い運転場面毎に、

- 前方障害物衝突防止支援
- カーブ進入危険防止支援
- 車線逸脱防止支援
- 出合頭衝突防止支援
- 右折衝突防止支援
- 横断歩道歩行者衝突防止支援
- 路面情報活用車間保持等支援

の7つを選定し、各支援システムの実現に向けて研究開発が進められている。

ASVは、車両周辺の交通環境や路面の状況などの情報を、車両に装備した各種センサーを用いて収集し、収集した情報を基にドライバーへ情報提供や警報を提示する運転支援システムである。ASVは、1991年より現国土交通省と学識経験者および自動車メーカーで構成されるASV推進検討会によって進められており、現在第3期が進行中である[14](表2.2)。

表 2.2 ASV 推進計画

	第1期ASV	第2期ASV	第3期ASV
実施期間	1991～1995年度	1996～2000年度	2001～2005年度
目的	技術的可能性の検証	実用化に向けた環境整備	技術開発の継続 普及促進への取り組み
検討車種	乗用車	全車種 (乗用車,トラック,バス,二輪車)	全車種 (乗用車,トラック,バス,二輪車)
検討対象技術	・自動車単独	・自動車単独 ・道路インフラとの連携	・自動車単独 ・他車両などとの連携 ・道路インフラとの連携
検討項目	① 開発目標の設定 ② 事故低減効果の検証	① 基本理念の整理 ② 開発指針などの設定 ③ 事故低減効果の検証	① 次世代技術の開発 ② 普及促進 ③ インフラ連携技術の開発
成果の報告	・デモ走行, 展示(19台) ・ITS世界会議	・デモ走行, 展示(35台) ・ITS世界会議	・デモ走行, 展示 ・ITS世界会議

第2章 情報機器に関する技術的動向

AHS, ASV どちらも予防安全を目的としたドライバーへの運転支援を基本としているが、情報収集のためのセンサーとして AHS は道路インフラセンサーを利用し、ASV は車両センサーを利用している。2000 年頃より、AHS, ASV 単独ではなく、両者が連携した路車協調による走行支援システムの実現に向けた研究開発が行われており、2002 年より、多様な交通環境などの条件下におけるシステムの妥当性やドライバーに対する有効性について検証するため、テストコース実験および実道実験が実施されている。また高齢者のモビリティ確保や地域社会の活性化を実現する新たなモビリティ社会に向けて、これまで個々に開発されてきた各支援システムの連携、融合を促進するスマートウェイ セカンドステージの取り組みが行われている[11]。

2.1.2 米国における研究開発状況

米国では、幹線道路における衝突事故の軽減を目的として IVI (Intelligent Vehicle Initiative) が運輸省による ITS プログラムとして取り組まれている[15]。衝突の原因の大半はドライバーのミスによるものという統計レポートを受けて、IVI では次の 2 点を主要な目的としている。

- (1) ドライバー注意散漫状況を防ぐこと
- (2) 衝突回避システムの研究開発・展開の促進

具体的に、ドライバー注意散漫状況回避プログラムの内容を以下に示す。

- ドライバーの注意散漫によって安全運転に対してどのような影響があるのか、また安全運転に及ぼす影響の程度を明確にする。
- システムやドライバー特性が運転行動に及ぼす影響を評価するための方法論を開発し、適用する。
- システムのインターフェースデザインに関するヒューマンファクターガイドラインを制定する。
- 運転支援システムによるドライバー注意散漫を軽減するための方法論を開発する。

また衝突回避システムの研究開発・展開の促進プログラムとして、

- 衝突回避システム実用化の要求事項の明確化
- 衝突回避システムの効果検証
- IVI システムやサービスの市場展開

の 3 項目が想定されている。

これらのプログラムを推進するに当たって、各プログラムによる安全性改善の対象として表 2.3 に示す 4 つの車両プラットフォームと 3 つの交通状況を設定している[15]。

表 2.3 IVI の対象とする車両プラットフォームと交通状況

4 VEHICLE PLATFORMS	3 DRIVING CONDITIONS
Light Vehicles (Passenger vehicles, light trucks, vans, and sport utility vehicles)	Normal Driving Conditions
Commercial Vehicles (Heavy trucks and Interstate buses)	Degraded Driving Conditions (reduced visibility, driver fatigue, or narrow lanes)
Transit Vehicles (Non-rail vehicles operated by transit agencies)	Imminent Crash Situations (Intersections, etc.)
Specialty Vehicles (Emergency response, enforcement, and highway maintenance vehicles)	

IVI の他にも、IVI の車載システムとインフラとの相互通信を可能とする VII (Vehicle Infrastructure Integration) [16]やこの VII を利用した交差点における衝突回避システムの実用化を目的とした Cooperative Intersection Collision Avoidance Systems[17]などの取り組みが行われている。このような取り組みを通じて、2011 年までに年間交通事故死者数を 15%減少させる目標を掲げている。

2.1.3 欧州における研究開発状況

欧州では、2010 年までに交通事故年間死者数（現在約 4 万人）を半減させるという目標（eSafety Action Plan）のもと、先進的なドライバー運転支援システムの研究開発を推進する ADASE (Advanced Driver Assistance Systems in Europe) [18][19]が EC (欧州委員会) 主導により進行している。ADASE では、運転支援システムを実現するための研究開発分野として表 2.4 に示すロードマップを設定している[20]。これらの研究開発を進めるために 30 以上のプロジェクトが進行している。

プロジェクトの具体例として、道路環境負荷を軽減すると共に安全性や輸送効率の向上を目的とした ADVISORS プロジェクト[21]、走行環境や道路状況に応じた車載システムのマンマシンインターフェースの設計・評価を目的とする COMUNICAR プロジェクト[22]や、ドライバーの居眠りによる事故防止のためにドライバーのモニタリングや警報提示方法を研究する AWAKE プロジェクト[23]などがある。

表 2.4 ADASE におけるロードマップ

	Safety Enhancement	Political and Societal Aspects	Legal Aspects	Degree of Driver Assistance	HMI	Communication v2v	Infrastructure (incl. Communication v2i)	Sensor Aspects	System Aspects
Autonomous Driving	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Platooning	○	●	●	●	●	●		●	●
Obstacle & CA	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Intersection Support	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Rural Drive Assistance	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Obstacle & Collision Warning	○	●	●	●	●			●	●
Lane Change Assistant	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Local Hazard Warning	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Lane Keeping Assistant	○	●	●	●	●		●	●	●
ACC/Stop&Go + Foresight	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Stop & Go	○	●	●	●	●			●	●
Curve & Speed Limit Info.	○	●	●	●	●		●	●	●
Near Field Collision Warning	○	●	●	●	●			●	●
Lane Departure Warning	○	●	●	●	●		●	●	●
Night Vision	○	●	●	●	●		●	●	●

○:Contribution ●:Complexity

また官民合同の組織である ERTICO が主導となって推進するプロジェクト[24]として、予防安全アプリケーションの確立を目指す PReVENT (preventive safety applications)プロジェクト[25]や各システム要件や責任範囲を明確にし、開発や試験の規定を策定する RESPONSE2 (human, system and legal aspects of active safety systems)プロジェクト[26]などがある。国単独のプロジェクトとして、法定速度遵守を支援あるいは強制するシステムである ISA (Intelligent Speed Adaptation) [27][28]がスウェーデン、イギリス、オランダなど各国で実証実験されており、事故低減効果や旅行時間に与える影響に関する議論や ISA によるドライバーの運転行動の変化に関する調査が行われている。

2.2 本論文で取り上げる ITS アプリケーション

前節で示したように、ITS に関する研究開発は国内外で活発に行われており、今後、運転支援システムなどが実用化されていくと予想される。本論文では、これらの多種多様な運転支援システムの中で、現在既に普及が進んでいる車載ナビゲーションシステムと今後実用化される運転支援システムの一つである狭路走行支援システムを取り上げる。

2.2.1 車載ナビゲーションシステム

車載ナビゲーションシステムは、“ナビゲーションシステムの高度化”として日本における ITS の 9 つの開発分野の 1 つに位置付けられるなど、ITS を実現する上で中核をなすアプリケーションである。このシステムは、ドライバーの目的地到達を支援するために、自車の現在位置をデジタル地図上に表示し、目的地までの距離や方位、経路を表示する[29]、もしくはより簡略的に、曲がるべき交差点までの距離と曲がる方向を表示する[30]システムである。また近年、携帯電話を介して各種情報サービス（グルメ、宿泊、レジャーなど）を受信し、その情報表示や情報サービスによる経由地を反映した目的地までの経路誘導を行うことが可能となるなど多機能化が進んでいる。

車載ナビゲーションシステム市場の拡大に関しては1.1節でも触れたが、車載ナビゲーションシステムの普及進展に伴い車載ナビゲーションシステム利用時の脇見等が原因と考えられる交通事故の増加が報告されている[31]。事故状況としては、

- 道順を確認するために車載ナビゲーションシステムを見たところ、他車の動静の認知が遅れる。
- あまり土地勘のない場所で車載ナビゲーションシステムの指示が正しいかどうか気になり、車載ナビゲーションシステムを注視したところ、他車の認知が遅れた。
- スイッチを入れる目的でリモコン操作をしたため、車線逸脱の認知が遅れた。
- スイッチを消す目的でリモコン操作をしたため、他車の認知が遅れた。

などが報告されている。

このように、「道に迷う」「走行している道路が目的とする経路かどうか不安」などの状況において、車載ナビゲーションシステムの経路誘導によりあせりや不安感を解消し、また目的とする経路を確認しようとして、一時的に車載ナビゲーションシステムに対する依存度が増加するような場合に事故に至る可能性が高くなると考えられる。また走行中に車載ナビゲーションシステムを操作するために、ドライバーの意識が車載ナビゲーションシステムに向いて前方状況の認知が疎かになるような場合も事故原因の一つと考えられる。

車載ナビゲーションシステムによる様々な機能を利用することで、運転時にペーパーマップを紐解きながら自車位置を確認する労力から開放され、さらに、経路誘導に従い目的地まで容易に到達することが可能となる。しかし、その一方で車載ナビゲーションシステ

第2章 情報機器に関する技術的動向

ムを利用することで事故や危険が増加する可能性も懸念される。

このような車載ナビゲーションシステムによる事故対策として、(社)日本自動車工業会では、画像表示装置の安全性ガイドラインを策定し、車載ナビゲーションシステムによる情報表示や操作に関する規定を定めている[32][33][34]。ここでは、車両の運行にかかわらない情報やドライバーに視認を誘発させるような情報を表示しない、画面を注視し続ける必要がある情報の表示および操作を禁止するなどの観点から、以下のような煩雑な操作を走行中禁止するように定めている。

- カーソルスイッチ操作による目的地の設定、修正
- 地図のスクロール操作
- 異なる地図エリアの選択
- 電話のテンキー入力
- 住所、メモなどの情報の入力
- 住所、電話番号、レストラン、ホテルなどの検索
- 動的情報のエリア選択
- 動的情報のスクロール操作

また警察庁では「自動車又は原動機付き自転車の運転者が、走行中携帯電話などの無線通話装置を通話のために使用したり、カーナビゲーション装置などの画像表示装置の画像の注視を制限する」という警告を発表し、それに伴い道路交通法を改正し、2000年4月より義務化された。

欧州では、EC(欧州委員会)による「車載情報および通信システム向けのマンマシンインターフェースに関するヨーロッパ基本方針書」が制定され、各メーカーに使用することを推奨している[35]。基本方針書の内容の一部を以下に記す。

- システムはドライバーの注意をそらせたり、視覚的に楽しませたりするものであってはならない。
- 視覚的表示装置は、可能な限りドライバーの通常の視線の近くに配置するものとする。
- 視覚的に表示された情報は、ドライバーが運転に不利に影響しないほど短い数回の注視をすることでそれを理解することができるものであること。

また米国では、車載ナビゲーションシステムの注視・操作に関して、静的総操作時間(static Total Task Time)が15秒以内の機能に限定することを提案している[36]。同じく静的(停車中)での評価として、視界遮断法(Occlusion Technique: シャッター機能のある液晶ゴーグルを装着し、視界を一定間隔で遮断する方法[144])が注目されており、ドイツからこの視界遮断法を用いた規制(停車中、このゴーグルを装着してシステム操作を行ない、短時間の視認の繰り返しで完了できる操作に限定。)が提案されている。

以上のように、国内外において車載ナビゲーションシステムの安全性に係わる問題は広く取り組まれ、車載ナビゲーションシステムに関するHMI研究も活発に行われている。

2.2.2 狭路走行支援システム

狭路走行支援システムとは、上述の ASV に位置付けられる次世代運転支援システムの一つである。ここで狭路走行とは、市街地内の細い道路を走行中に、駐車車両、電柱や歩行者などの障害物が存在する状況で、駐車車両や電柱の側方など非常に狭いスペースを走行することと定義する。駐車操作も同様であるが、低速度で障害物を回避しながら走行する狭路走行は、自動車の運転操作の中で難しい操作の一つとされ[37]、ISO/TC204/WG14 [38]においても議論されてきた課題である。

狭路走行支援システムでは、狭路走行時において、車室内リアビューミラー上部に設置された2つの CCD カメラ（図 2.2）を用いて各障害物の位置や距離を検出する[39][40]。図 2.3、図 2.4 に2つの CCD カメラを用いた位置検出方法を示す。

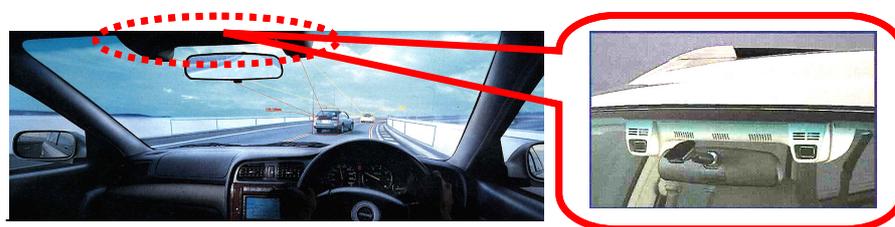


図 2.2 狭路走行支援システムに用いられる CCD カメラ

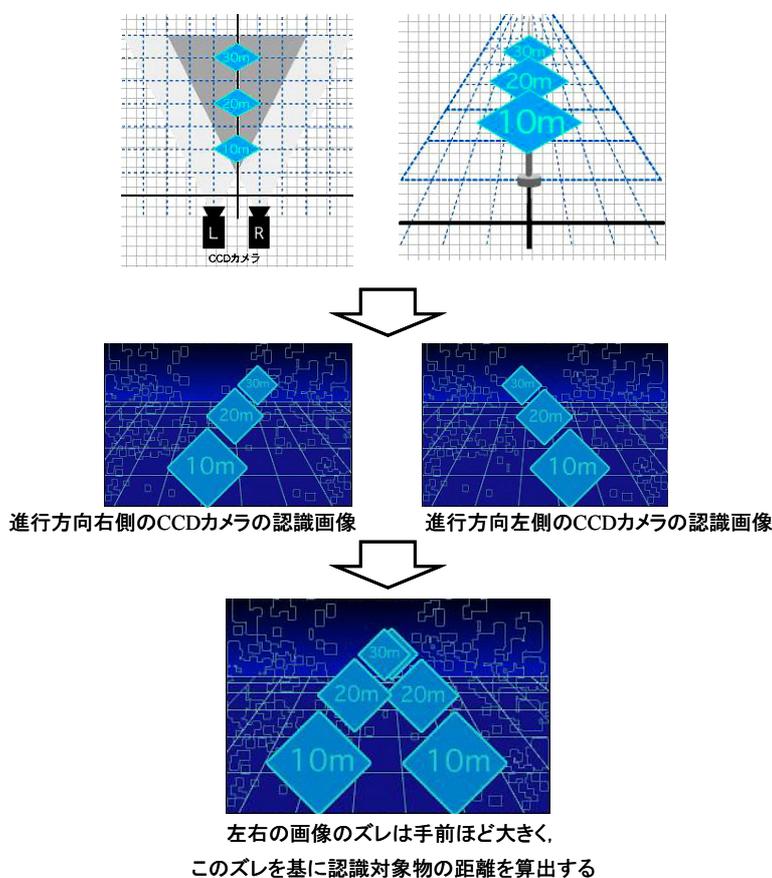


図 2.3 2つの CCD カメラによる位置検出法



図 2.4 狭路走行支援システムによる障害物検出

2つの CCD カメラによる画像認識を基に、ドライバーに各障害物の位置や距離に関する情報および警報を提示することで、狭路における障害物通過時の接触事故を減少させ、障害物を通過する際のドライバーの負担を軽減することを目的とした運転支援システムである。狭路走行支援システムは、CCD カメラによる画像情報を基に障害物の位置検出を行うことから、その作動範囲は直線道路部に限定されたシステムである。(この作動範囲は、道路インフラセンサーとの連携により拡張される可能性が考えられる。)

狭路走行支援システムの情報提供方法として、開発当初、各障害物に衝突しそうな場合にランプとブザーで警告する方法が検討された。しかし、この方法ではどこがぶつかりそうなのか分からない、ブザーが頻繁に鳴りわずらわしいなどの理由から、狭路走行時の運転支援システムとしての役割を果たすことができなかった。狭路を走行する際、ドライバーは、障害物に衝突しそうかどうか、あとどのくらいで障害物にぶつかるのか、障害物を回避するためにはどうすればよいのかなど、様々な判断を行う必要がある。つまり、狭路走行時において、ある程度短時間に処理しなければならない情報量が他の運転タスク（一般道での直進走行、交差点での右左折など）に比べて多いにもかかわらず、ランプとブザーのみでは、ドライバーの様々な判断を支援する上で不十分であったと考えられる。

そこで、テストコースを用いた実車実験により、狭路走行時におけるドライバー特性を検討し、狭路を走行する際ドライバーはどのような情報を必要とするのかを調査した[41]。その結果、狭路走行時において、障害物の接近に伴う衝突不安感に加えて、ドライバーは狭路を安全に通過するための全体の経路計画ができておらず、そのために狭路進入時に精神的作業負担が増加していることが明らかとなった。

この知見を考慮し、障害物の接近に関する情報に加え、全体の経路計画を“推奨経路情報”として提示するインターフェースが提案された。提案されたインターフェースを以下で説明する。

なお、本研究では、前述のように狭路走行を細街路で駐車車両と電柱の間を走行することと定義し、狭路走行時にまつわる用語を図 2.5 のように定義する。つまり、狭路を走行する前（狭路コースに至るまで）を狭路進入前、狭路の駐車車両に接近するまでを狭路走行中、駐車車両と電柱の側方通過時を障害物通過時とする。また図 2.6 のような狭路の場

合，狭路を安全に通過するための全体の経路計画（以降，「推奨経路」と称す.）は，図 2.6 に示す点線のように描かれる.

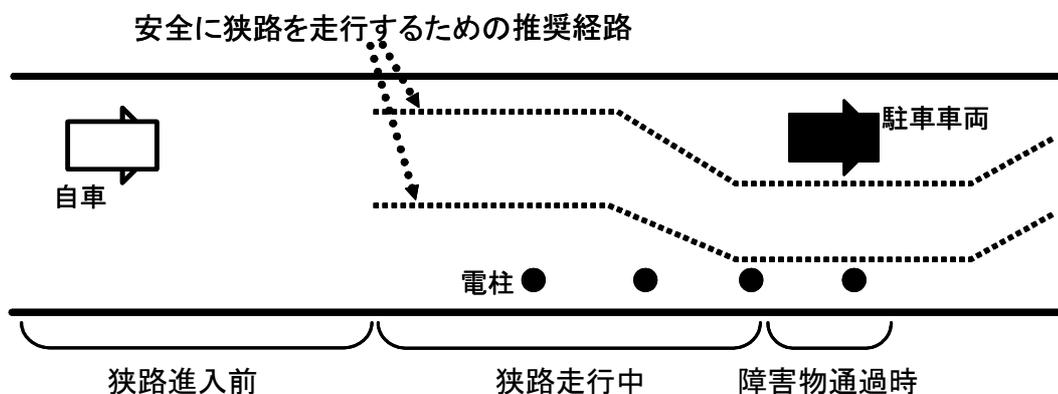


図 2.5 狭路走行にまつわる用語の定義

白線による経路情報

図 2.6 に示すように，路面に白線を描くことで推奨経路を提示する.

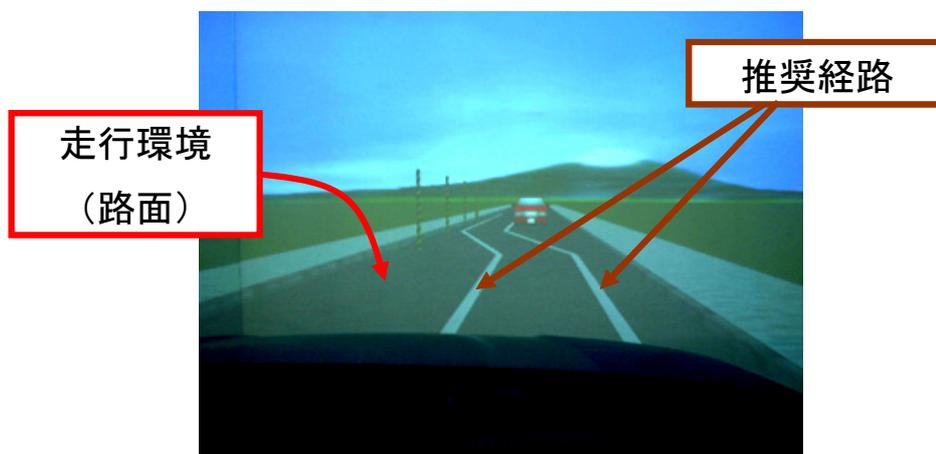


図 2.6 白線による経路情報

位置関係情報

狭路進入前に図 2.7(a)に示すように，自転車，障害物と推奨経路の全体的な位置関係を表示する. 狭路走行中は，図 2.7(b)のように自転車，障害物と推奨経路の位置関係を表示する. 狭路走行中および障害物通過時において，このまま走行すると障害物に衝突するとシステムが判断した場合には，図 2.7(c)のように自転車の衝突可能性部分が点滅し，聴覚警報を提示する.

この情報は，実用性を考慮して，主に車載ナビゲーションシステムとしての利用目的でダッシュボード中央付近に設置される車載ディスプレイ[42]に表示する.

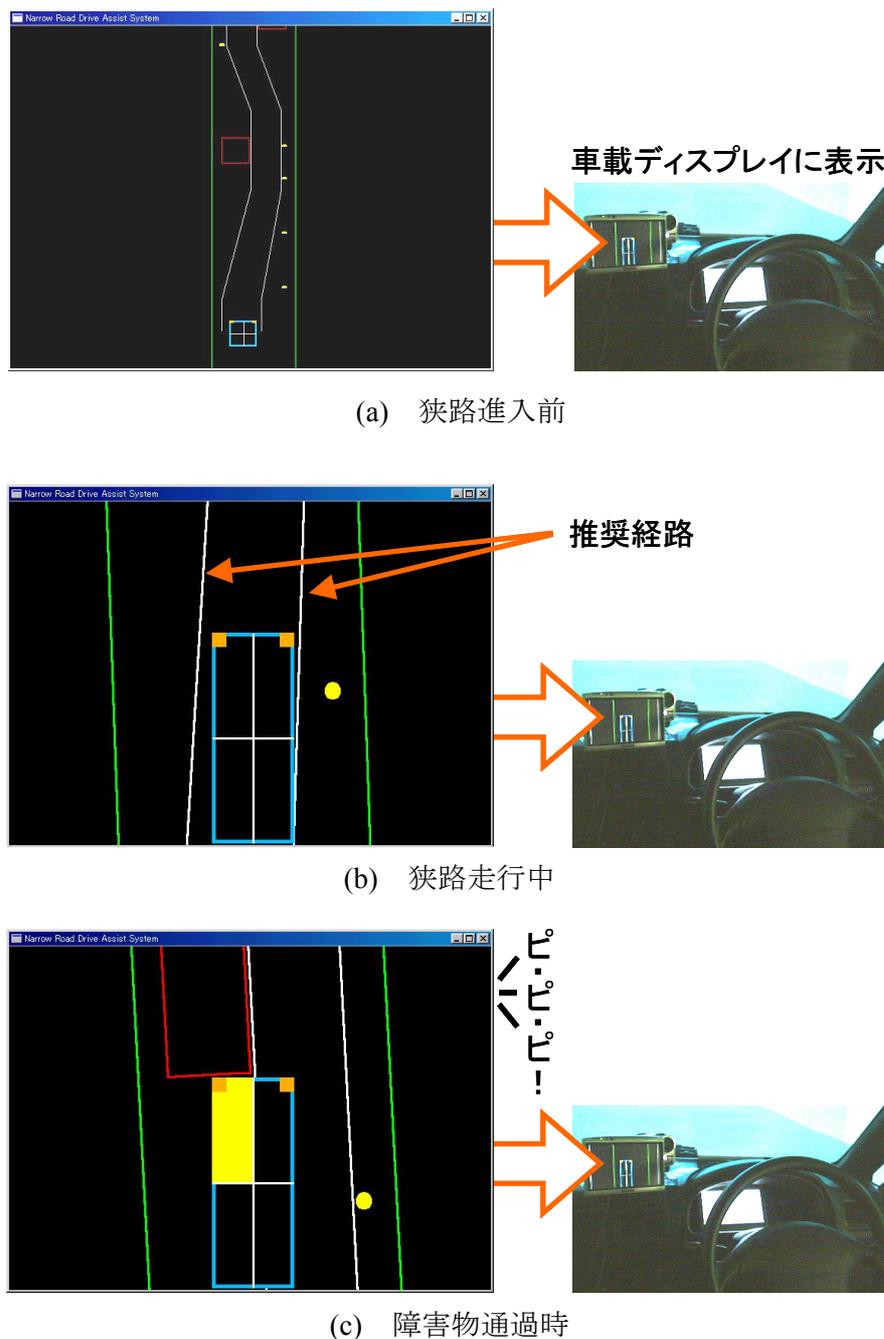


図 2.7 位置関係情報

修正/誘導情報

狭路走行前は、車載ディスプレイ情報と同様に、図 2.7(a)に示す自車、障害物と推奨経路の全体的な位置関係を表示する。狭路走行中は、車載ディスプレイには何も表示せず、推奨経路から外れた時に、ブープ音や「左/右に寄ってください」などの修正に関する音声情報を提示する。もしくは、推奨経路の左/右へ方向を変える地点で「左/右方向です」という誘導に関する音声情報を提示する。

第2章 情報機器に関する技術的動向

これら3種類のインターフェース使用時におけるドライバー運転行動を分析・評価した。ここでは、ドライビングシミュレータの走行環境データベースに狭路専用テストコースを作成し(図2.8)、若年ドライバーを被験者として、狭路走行時の走行軌跡、視認行動、精神的作業負担を計測した。分析結果による各インターフェース間の位置付け[43]を図2.9に示す。

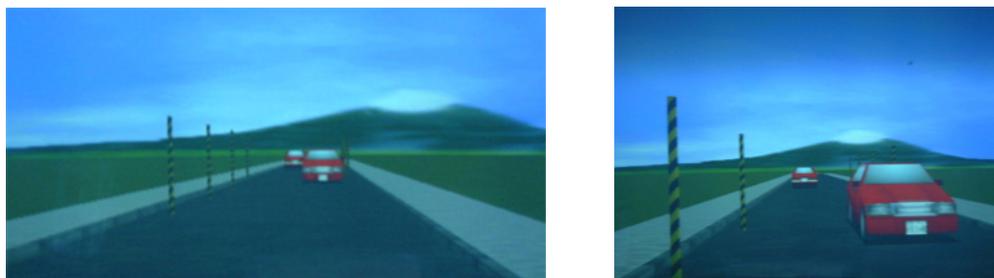


図 2.8 狭路専用テストコース

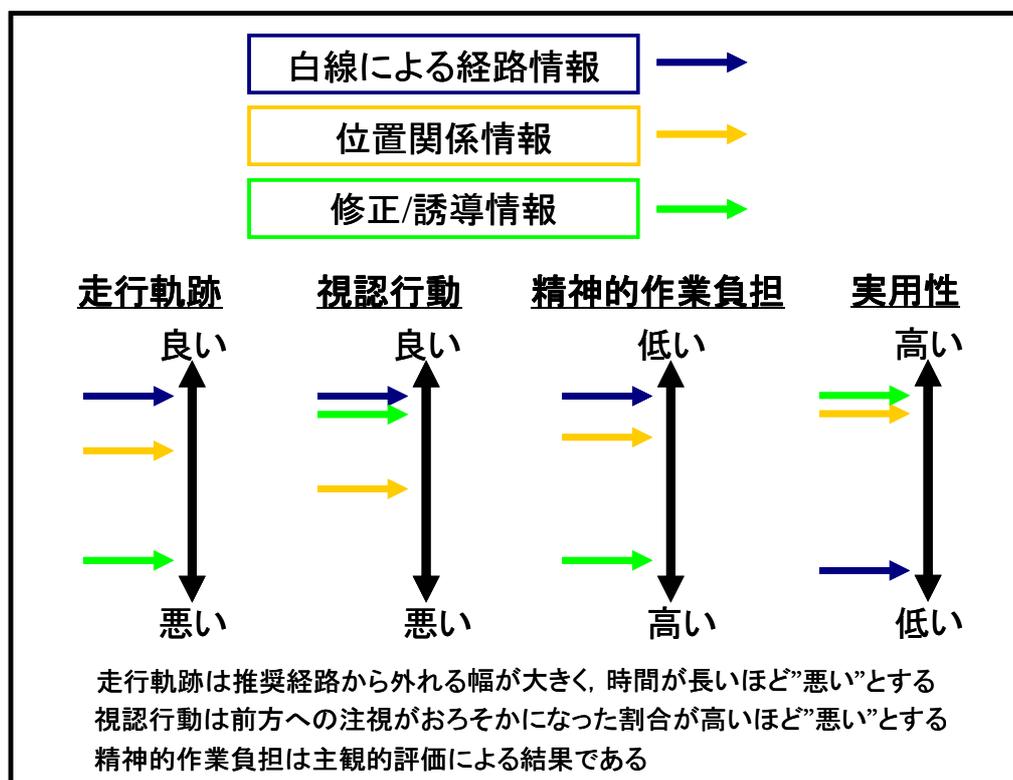


図 2.9 各インターフェースの結果一覧および実用レベル

走行軌跡、視認行動、精神的作業負担とも、白線による経路情報が他のインターフェースと比べて最も良い結果となった。被験者は、白線による経路情報を利用することで、非常にスムーズに低い精神的作業負担で推奨経路通りに狭路を通過することができ、また推奨経路情報は路面に提示されているので、常に前方を見ながら走行することが可能であった。位置関係情報は、狭路走行中や障害物通過時に支援情報を得るため車載ディスプレイ

第2章 情報機器に関する技術的動向

を注視する必要があり、視認行動の点では他のインターフェースよりも悪かったが、走行軌跡、精神的作業負担は白線による経路情報に次ぐ良い結果となった。修正/誘導情報は、視覚情報を用いていない分、視認行動の結果は位置関係情報より良かったものの、他の評価指標では、最も評価の低い結果となった。

各インターフェースを追跡表示、補正表示という表示装置特性の観点[44]から分類する。追跡表示とは、各々の目標と制御対象の位置を表示したもので、補正表示とは、目標と制御対象の位置の差をエラー信号として表示したものである。

白線による経路情報は路面を注視することで推奨経路（目標）と自車（制御対象）を認識できるため、追跡表示と考えられる。位置関係情報は、車載ディスプレイより推奨経路（目標）と自車（制御対象）位置を認識できるが、常に車載ディスプレイを注視しながら運転するわけではなく、走行環境においては推奨経路（目標）と自車（制御対象）位置を認識できないため、間接的な追跡表示と考えられる。修正/誘導情報による場合は、修正/誘導のどちらの場合でも推奨経路から外れたことに関するエラー信号の提示であるので補正表示と考えられる。

各インターフェース使用時のドライバー運転行動の結果を、この表示特性の観点から考察すると、修正/誘導情報は、目標と制御対象の正確な位置が認識できないために作業者の意思決定時に負担となるという補正表示の特徴から、走行軌跡、精神的作業負担の結果が悪かったと考えられる。一方、白線による経路情報は、作業者が操作結果のフィードバックをすぐに認識できるため追跡表示が最良のパフォーマンスを得られるという追跡表示の特徴と一致した結果になったことが分かる。

図 2.9 に示した実用性に関して検討すると、白線による経路情報は道路に白線を描いてドライバーへ情報提供を行うため、ほとんど実用化不可能である。拡張現実感技術による実道路環境への仮想情報の提示、つまり車内ウインドウに情報を投影しドライバーにとってはあたかも実道路上に情報が提示されているように見せる情報提示方法に関して研究が行われ始めている[139]が、まだまだ実用化には遠いと思われる。一方、位置関係情報および修正/誘導情報で用いられる車載ディスプレイからの情報提示や音声情報の提示に関しては、実用化に向けた技術開発が進展しており、近い将来実用化されると予想される。

以上のことから、狭路走行支援システムの実用的なインターフェースとしては、白線による経路情報の次に評価の良い位置関係情報をベースに、追跡表示による情報提示という観点も考慮して、よりスムーズな狭路走行および狭路走行中の精神的作業負担の軽減に寄与できるインターフェースを検討することが必要である。

本研究では、ドライバーの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法を提案し、狭路走行支援システムのより効果的なインターフェース、特に加齢による情報処理特性の変化の見られる高齢ドライバーに対しても効果的なインターフェース（高齢化対応インターフェース）を検討する。

2.3 情報ネットワーク家電の研究開発動向

高度に発展した情報通信技術は、2.1 節で示した ITS だけではなく、日常生活を支援するための家電機器に対しても応用されている。1.1 節で示したように、これまで洗濯機、冷蔵庫、エアコン、テレビ、ビデオなど様々な家電機器が普及しており、近年には DVD プレーヤーや携帯電話などデジタル家電の普及も急速に進んでいる。

これらの機器をネットワーク又は直接相互に接続し、より利便性を向上できる新しい機能やサービスを提供するシステムが情報ネットワーク家電[45](以後、「情報家電」と称す。)である。情報家電では、家庭内にある家電を情報化してネットワークを形成するために、家庭に1台ホームサーバを置いて、それを中心に情報環境を構築することが考えられている。逆に考えれば、家庭のネットワークに接続された複数の機器を1台の端末(ホームサーバ)から場所を選ばずに操作可能になる。また外部から(例えば携帯電話や PDA などを使用して)も、インターネットを通じて家庭内の機器の制御(エアコンの ON/OFF など)を行うことができるようになる。情報家電のイメージ図を図 2.10 に示す。

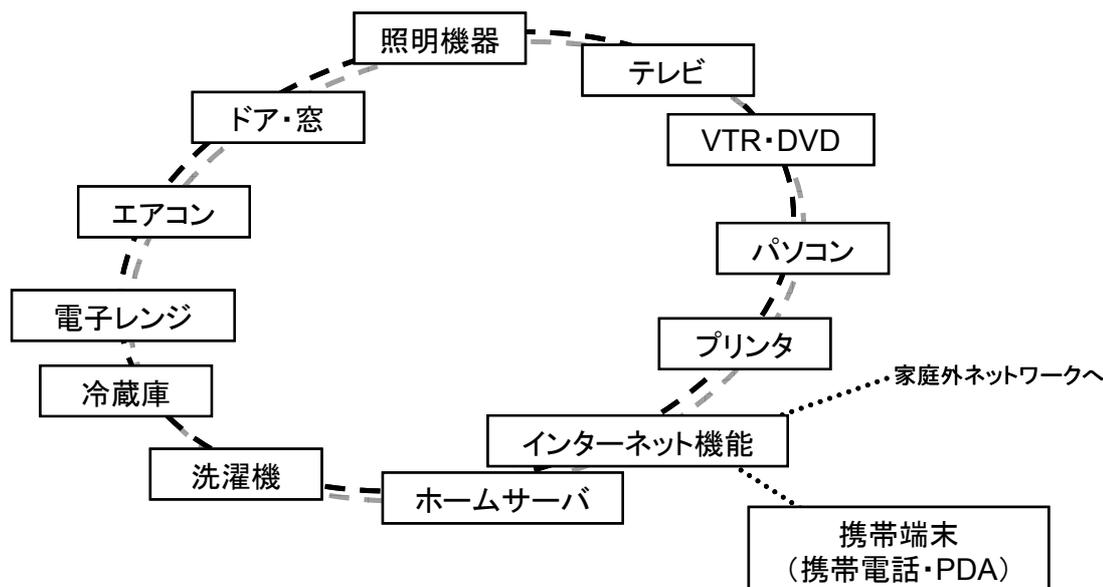


図 2.10 情報家電のイメージ図

家電機器や情報通信機器をネットワークに接続する情報家電を実現するために要求される機能として

- (1) 端末機器のネットワークへのプラグ&プレイ機能
- (2) ネットワークに接続されている機器のディレクトリ管理機能
- (3) ホームネットワークおよび端末機器のセキュリティ確保の機能
- (4) コンテンツに対する著作権管理機能
- (5) 宅内、宅外の機器間で情報伝送を行う通信機能

が挙げられる[46].

情報家電の実現を目的とした具体的な研究プロジェクトを以下に紹介する.

● ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network)

統合的なエネルギーマネジメントを一般家庭で効率的に、使い勝手よく実現するためには新しいホームネットワークが必要である. このホームネットワークの基盤技術として ECHONET[47][48]がある. ECHONET とは、工事が不要で既築住宅に対応でき、多くの機器のコントロールを簡単にできる汎用的で標準的なシステムであり、家庭内における標準的な設備系のホームネットワークを構築するための通信レイヤを規定し、それに基づく標準機器およびシステムの開発と普及の促進を目的としている.

ECHONET で提案されている通信レイヤとしては電力線通信や無線通信などがある. これらの通信レイヤを共通の通信プロトコルとみなし、様々なメーカーからの製品が独自に持つ制御情報 (スイッチの ON/OFF, 温度の設定など) を他の製品から利用できるようにする. 松下電器産業, 東芝, 日立製作所などの日本企業が中心となって普及および標準化を進めている.

● UPnP (Universal Plug and Play)

家庭にあるコンピュータと家電機器との間での遠隔制御, 自動制御, 統合制御を可能とするため, インターネット上で標準的に使用されるプロトコルを基本仕様として定められたもの[48][49]である. テレビ, ビデオ, エアコン等の制御対象と制御する主体との間のやりとり (Addressing, Discovery, Description, Control, Eventing, Presentation) を規定している. マイクロソフト社を中心に普及活動が続けられている.

● 情報家電モデルハウス (JEITA HOUSE)

情報家電の可能性や有効性を探る目的で, 情報家電の最新の商品やサービスアプリケーションを実際の家組み込んだのが情報家電モデルハウス[50]である. これは, 経済産業省国家プロジェクト「住宅分野の情報システム 共通基盤整備推進事業」の研究成果を展示したものである.

ここでは, ホームネットワークの基盤技術として, プラスティック光ファイバー, 電灯線, IEEE802.11a/b/g, Bluetooth や赤外線など複合的なプロトコル変換で使い分けを行っている. またアプリケーションには, 教育, 医療, セキュリティ, 宅配サービス, 自動発注システム, 自動車との連携, 家庭用機器遠隔操作など様々な事例に関する構築例が示されている.

第2章 情報機器に関する技術的動向

また情報家電の中には、FEMINITY シリーズ[51][52]など既に市販化されているものもある。FEMINITY シリーズは、家庭用ネットワーク機器（IT（Information Technology）ホーム端末、IT アクセスポイント）と、これに対応したネットワーク家電製品（IT 冷蔵庫、IT オープンレンジ、IT ホームランドリー）である。IT ホーム端末を使って、ADSL や Bluetooth により接続された IT アクセスポイントを通じて、ワイヤレスでホームページ閲覧やメール送受信、さらに IT 冷蔵庫、IT オープンレンジ、IT ホームランドリーのコントロールを家中どこでも自由に行うことができる。

各ネットワーク家電製品では、インターネットを通じて様々なサービスを受けられる。例えば、食材管理サービスとして、IT ホーム端末から IT 冷蔵庫にアクセスし、IT 冷蔵庫内にある食材の内容や食材の賞味期限を調べることができ、冷蔵庫内にある食材を使った料理レシピを検索することができる。また Web ブラウザを搭載した携帯電話を使って外出先からも IT 冷蔵庫内の食材を確認することができる。モニターサービスでは、IT ホーム端末を使って、家中のどこからでもドアや窓の開閉情報を見ることができる。またメンテナンスサービスとして、ネットワーク家電製品の故障情報を IT ホーム端末に表示し、IT ホーム端末でそのまま修理依頼を行うことができる。

情報家電に関する HMI 研究例として、様々な家電を操作できるリモコンのインターフェースを個人個人の特性に応じてカスタマイズするために、カスタマイズの基準となるユーザ特性を検討した例[53]や、腕時計型の簡易生体センサで取得したユーザの状況から、その状況に適した家電制御（エアコンや照明の調節）を行うシステムの研究[54]、また情報家電でネットワークを介したサービスを受けるための認証方法として、指紋認識機能を付加したリモコンの開発例[55]や、音声を用いた情報家電の操作に関する研究例[56]などがある。このように情報家電に関する HMI 研究としては、入力デバイスに関連した研究が多く行われているが、様々な情報家電を操作できる端末（ホームサーバ）のインターフェースに関して、特に画面表示内容に関する研究[57]はあまり行われていない。

本研究では、狭路走行支援システムの高齢化対応インターフェース要件の検討方法と同様であるユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法を用いて、様々な情報家電を操作できる端末（ホームサーバ）の高齢ユーザにとって使いやすい画面インターフェースに関する検討を行う。

第3章 高齢ユーザの諸特性に関する先行研究

3.1 高齢化社会の進展

第2章では、移動支援機器、生活支援機器の研究開発および実用化の動向について述べた。日常生活を支援する情報機器は、情報通信技術などの進展により高度な発展を遂げている。一方、日常生活を営むユーザの方では、高齢化が大きな社会問題となっている。(高齢者の定義は様々存在するが、世界保健機関(WHO) [58]では65歳以上の者としており、本研究においても65歳以上のユーザを高齢ユーザと定義する。)

日本では2000年に65歳以上の人口は2,200万人で、全人口に対するその割合は17.4%である[59]。1970年では、65歳以上人口は739万人、高齢化率は7.1%であることから、ここ30年間で急速に高齢化が進展してきたことが分かる。さらに、近年の医療の進歩などにより平均寿命が大幅に伸張したことと団塊の世代(昭和22~24年出生世代)が65歳以上の年齢層に入るという背景の下、2014年には、65歳以上人口は約3,200万人で全人口に対する割合は25%台に達し、日本人口の4人に1人が65歳以上人口になると予想されている。その後も持続的に上昇が続き、2050年には35.7%(約3,600万人)と国民の3分の1がお年寄りという時代が到来するといわれている。図3.1に年齢3区分別人口の推移[59]を示す。

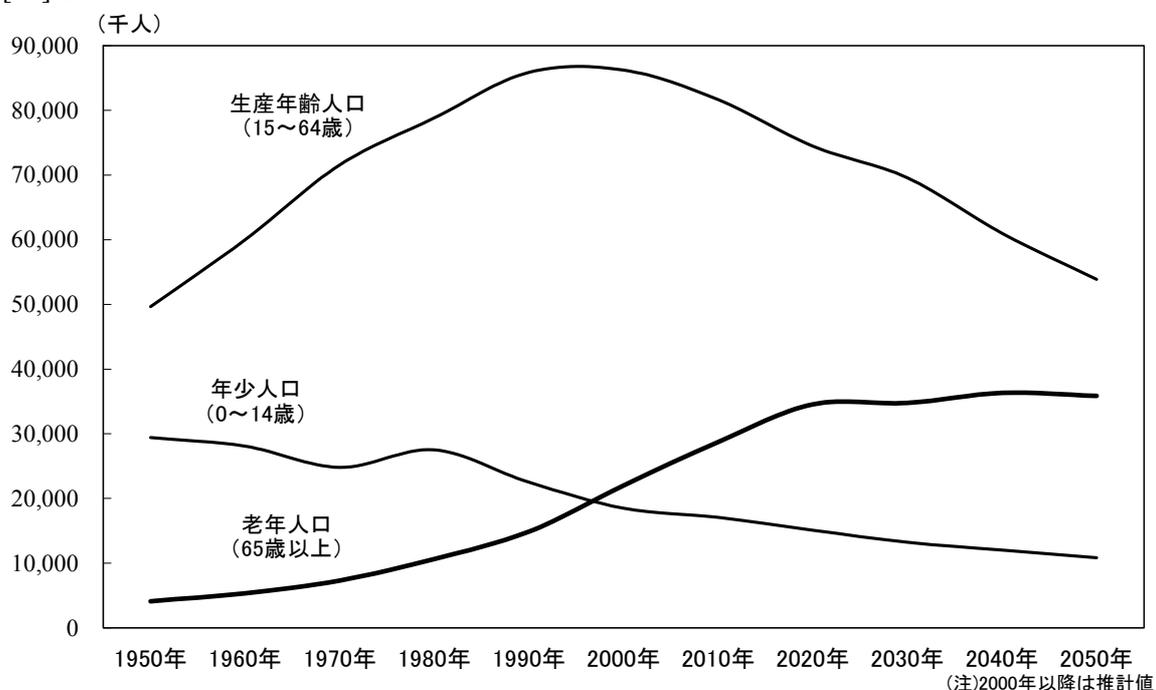


図3.1 年齢3区分別人口の推移

以上のような高齢化社会の到来を踏まえ、高齢者が安心して暮らせるための社会のあり方に関して様々な議論・調査[60][61]がなされている。特に、医療の進歩を背景とし、介護を必要としない元気な高齢者の増加が予想され、若年者に比べて加齢による様々な衰えが見られるものの自立して生活できるように、高齢者の日常生活支援に関する研究が広く行われている。日常生活における支援方法として、情報技術を活用した移動支援機器・生活支援機器に大きな期待が寄せられている。しかし、加齢による諸機能の変化が移動支援機器・生活支援機器使用時に影響を及ぼすことは容易に想像がつく。そのため、高齢者の諸機能の変化を考慮したヒューマンインターフェースが必要不可欠となる。

3.2 加齢による諸機能の変化のまとめ

心身機能は、ある年齢で最大値をとった後、加齢に伴い徐々に低下する。ほとんどの機能が成熟し終わる30歳の人々の平均値を100%として、60歳代における各機能の低下度を図3.2に示す[62]。

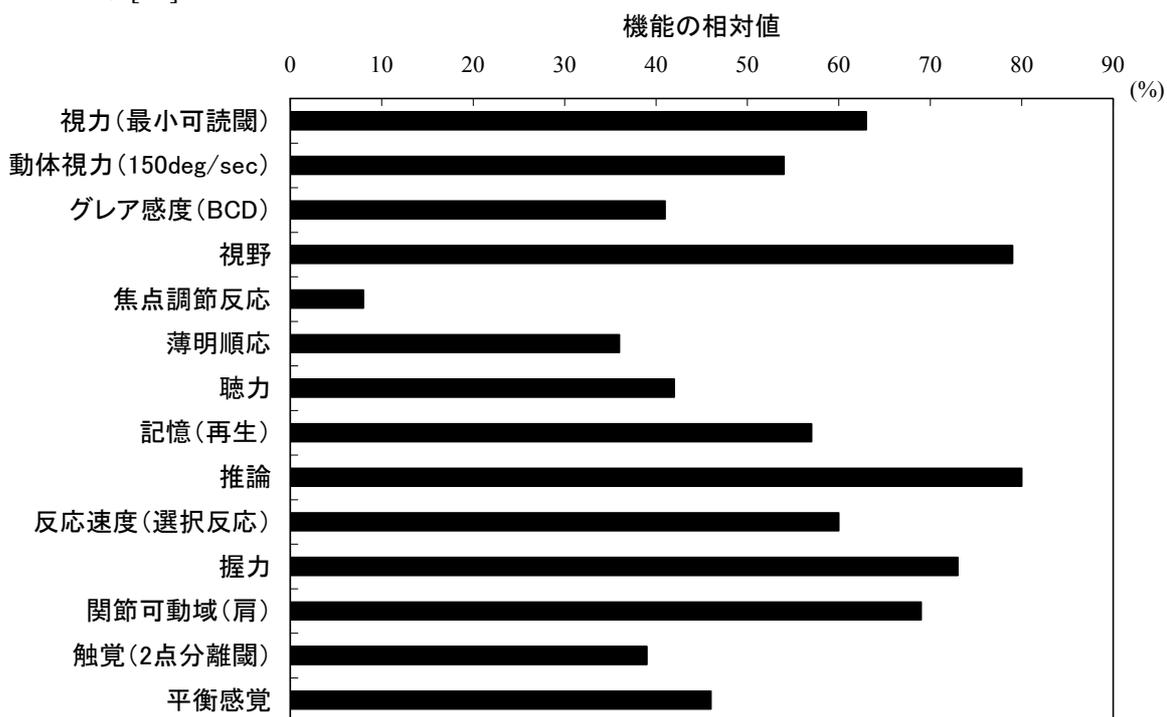


図3.2 30歳代に対する60歳代の相対的機能水準

加齢による心身機能変化の特徴の一つは、各機能の低下度が大きく異なることである。概して感覚器系、特に視覚・聴覚の低下度が大きく、骨格筋・運動系は比較的低下度が小さい。もう一つは、各機能の低下度の個人差が大きいことである。これは、心身機能の変

化に生理的な変化と病情的変化が混在していることや、生活パターンの違いが影響しているためと考えられる。

このような加齢による諸機能の変化、いわゆる高齢者特性に関して、これまで多くの研究例[63][64][65][66]があるが、ここでは視覚、聴覚、骨格筋に関する機能変化について、また情報処理特性として認知・判断に関する機能変化について以下に示す。

● 視覚

視覚機能に関する加齢変化として、眼の光学系（カメラの絞りに相当する“瞳孔”，レンズに相当する“水晶体”，フィルムに相当する“網膜”など）と制御系（眼球運動や水晶体を制御する筋肉や神経）および情報伝達を行う神経系の衰えから、視力の低下、視野の狭窄化、眼球運動の低下、順応機能の低下および奥行き知覚の低下などが起こる。

視力は40歳から50歳を境に減衰しはじめ、60歳では20歳時の約25%低下するといわれている[67]。視野（視線を固定した状態で見える範囲）の狭まりに関して、40歳代から視野中心部の感度が低下し始め、60歳代では周辺部の感度低下も生じる。60歳代では20歳代と比べて60～80%に視野が狭まる。特に上半部の狭まりが大きく、色を感じる範囲（色視野）は白→青→赤→緑の順に狭くなる。

眼球運動機能では、刺激が提示されてからすばやく眼を動かすサッケードが重要であるが、加齢に伴いサッケードが生じるまでの時間は延長する。また頭部とあわせた眼球運動機能も、加齢による頭部運動速度の低下のため、低下する。

順応（照度の変化に対し眼の感度が適応する過程）に関して、暗順応（明るい所から暗い所に移った場合の適応）と明順応（暗い所から明るい所に移った場合の適応）ともに加齢により時間が延長するが、暗順応の方が明順応よりも時間の延長が大きい。これは、高齢者の瞳孔は暗い所でもあまり散大しないため、瞳孔径の調節範囲が若年者に比べて狭くなっているためと考えられている。

焦点調節機能も、加齢による水晶体の弾力性の喪失により顕著に低下する。またグレア感度も加齢により低下する。網膜像の画像特性の劣化により空間解像度が低下するためであり、20歳代に比べて60歳代は同じものを見るのに2倍以上のコントラストが必要となる。

● 聴覚

加齢により、伝音器（音をとらえ伝えるための仕組み）と感音器（音を聴き弁別するための仕組み）が共に変化し、50歳代以降聴覚機能の衰えが顕著となってくる。40歳代から高音域の聴力低下が徐々に始まり、60歳代を過ぎると高音域での聴力低下が著しい。音の強さの弁別能に関しても、40歳代までは直線的にゆるやかに低下するが、50歳を境に急激に低下する。

こうした機能変化の結果、高い音や声が聞こえない、音は聞こえるが内容が分からない、

第3章 高齢ユーザの諸特性に関する先行研究

耳鳴りが強く聞き分けられない、横や後ろから急に話しかけられると分からないなどの現象が起こる。

● 骨格筋

運動機能として、筋肉の収縮速度は50歳代以降低下し、手指、足指、前腕などの屈伸運動に劣化が見られる。手と脚の筋力を比べると、手の方が使うことが多く、手を支配する神経の密度が大きいいため、低下度が小さい。

姿勢制御を行う神経系の機能低下および下肢筋力の低下に伴い、姿勢保持能力の低下および車の乗降のような重心の高さを変える作業における負担が増大する。また関節可動域の減少により、後方を振り返る動作などが制限される。

● 認知・判断

認知に関する機能変化として、必要な情報を選択する選択的注意や2つ以上の課題や対象に注意を配分する分割的注意に係わる機能が加齢に伴い低下する。刺激が提示されてから反応開始までの時間である反応時間に関して、高齢者は若年者に比べて反応時間が長い。また反応時間には、1つの刺激に対して1通りに反応する単純反応時間と、複数の刺激に対して反応の選択をする選択反応時間の2種類があるが、選択反応時間の方が単純反応時間に比べて加齢による影響が大きく、刺激の選択数が増加し複雑になるほど、高齢者と若年者の差が増加する。

また加齢に伴って、知能検査（ウェクスラー成人知能検査：WAIS Wechsler Adult Intelligence Scale）のような課題の処理機能が低下するが、機能の低下は一律ではなく課題によって異なっている。経験によって獲得された知識に係わる能力に関しては60歳代以降衰退し始める一方、新しいことを学習したり新たな環境に適応するために必要な情報処理能力は20歳代を境に徐々に低下する。

記憶に関して、加齢とともに短期記憶の容量が減少する。また短期記憶に一時的に蓄えた項目を長期記憶へ移行する際の過程（符号化）および長期記憶からの検索過程の両面で加齢に伴う衰えが見られる。

以上のような加齢変化の起こる原因として、加齢に伴う認知操作速度の低下と認知操作に要求される処理能力（リソース）の減少が考えられる。認知操作速度の低下により、短時間にいくつもの操作を必要とする認知過程において、許容時間内に全操作を終えることが困難となり、結果として情報処理が間に合わないと考えられる。また認知操作に要求される処理能力の減少により、多くの処理能力が必要となる情報処理が困難となる。

3.3 高齢ユーザの諸特性に係わる研究事例

3.2 節で示したように、高齢者は加齢に伴い様々な心身機能の衰えが見られ、若年者とは異なった特性を示している。日常生活において、若年者にとっては何ら問題の無い状況でも高齢者にとっては身体的・精神的に非常に困難な場面となっていることが予想される。そのため、高齢者特性を配慮した製品設計や環境構築が重要な課題であり、感覚機能の衰えや動作に関する機能変化を考慮したインターフェースに関する取り組み[68]が盛んに行われている（表 3.1）。

表 3.1 高齢ユーザの感覚・身体機能の衰えとそれに対応する配慮例

感覚・身体機能の状況	感覚・身体機能に対応する配慮例
○感覚機能(視力・聴力)の衰え ・案内板が読みにくなる ・案内アナウンスが聞き取りにくなる	・文字を大きくする ・ゆっくり、わかりやすく話す
○足腰の衰えとそれに伴う活動・動作の鈍化 ・公共交通機関(バスのステップなど), エスカレーター利用が不自由になる ・歩道橋の階段の昇降, 歩道の段差が負担となる ・歩行速度が遅くなり, 横断歩道の歩行が難しくなる	・ステップを工夫する (段差の解消, 手すりの設置など) ・歩道における障害物を除去する ・青信号時間を工夫する ・ベンチなど街中で休める場所を用意する ・杖を工夫する

またパーソナルコンピュータなど現在普及している情報機器を対象として、情報機器を設計する上で、高齢ユーザでも使いやすい設計とするための基本指針について、具体的にはキーボードを使いやすい機能や画面表示を見やすくする機能などに関する要件、また操作の一貫性、キーの操作性・配置などに関する要件について検討がなされ、JIS 化の動きも活発になってきている[69][70]。

移動支援機器および生活支援機器と高齢ユーザとのインタラクションに関する先行研究事例として、移動支援機器使用時における高齢ドライバー特性の研究に関連して、高齢ドライバーの一般的な運転行動に関する検討[71][72]や運転時における問題点[73][74][75]

第3章 高齢ユーザの諸特性に関する先行研究

[76][77][78]に焦点を絞った研究例がある。また現在普及している移動支援機器として車載ナビゲーションシステムを取り上げ、車載ナビゲーションシステム使用時における高齢ドライバー特性に関する研究[79][80][81][82][83]が行われている。

高齢ドライバー特性を考慮した車載ナビゲーションシステムのインターフェースに関する研究例として、高齢ドライバーの視覚特性に基づいた画面の文字サイズやコントラストの検討[84]がある。また加齢による心身機能の衰えを考慮して、低い速度に制限し、乗り込みやすく、取回しがしやすい小型形状の車両開発に関する試み[85][86][87]が行われている。

一方、生活支援機器使用時における高齢ユーザ特性の先行研究では、入力デバイスの操作性に関する年齢による比較調査[88][89][90]や画面に表示する文字の見易さ[91]に関する研究が行われている。また現在普及している情報機器（ATM、Lモード電話機、テレビゲーム、炊飯器）を対象としたユーザビリティテスト[92][93][94][95][96]、携帯電話、FAX付き電話機、パーソナルコンピュータ使用時の操作性について主観的困難度や瞬目から評価した研究[97]、携帯電話の見易さと加齢による視覚機能の変化との関連を調査した研究[98][99]が行われている。

高齢ユーザの諸特性を考慮した生活支援機器のインターフェースに関する研究例として、高齢ユーザの操作特性を考慮したリモートコントローラ的设计[100][101]、高齢ユーザにとっても聞こえやすい家電製品の報知音に関する研究[102]がある。

以上のように、移動支援機器および生活支援機器の高齢化対応インターフェースに関して、視覚・聴覚機能や身体機能に係わる変化を考慮したインターフェースに関する研究は様々に行われている。しかし、高齢ユーザの認知・判断に係わる機能変化を考慮したインターフェースの研究はほとんど行われていない。高齢ユーザの認知・判断における機能低下と使いにくい製品とは強い関連があるという報告がされている[103]が、認知・判断機能の衰えが見られる高齢ユーザに適応したインターフェースに関して具体的な検討はほとんど行われていない。

第4章 認知プロセスの活用による利用経過を考慮したインターフェース検討の方法論

4.1 認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェースの検討方法

4.1.1 認知プロセスの表現方法

ユーザの認知・判断機能を考慮したインターフェースを検討する上で、ユーザが情報機器を操作する際にどのような情報をどのような段階を経て処理しているのかを考える必要がある。第1章でも述べたように、本論文では情報機器使用時におけるユーザの情報処理過程を「ユーザの認知プロセス」と記す。このユーザの認知プロセスの表現方法として、一般に認知過程モデルが用いられる。

認知過程モデルは、内容および表現形式の異なる様々なタイプ（心理モデル、生理モデル、記述モデル、数理モデルなど）が提案されている[104]が、記述モデルによりユーザの認知プロセスを表現可能である。また特定の対象に対する認知プロセスを表現する専用（特殊）モデルが提案されているが、本研究では移動支援機器および生活支援機器使用時におけるユーザの認知プロセスを表現するという目的から、広範囲にわたる対象に対して適用可能で、ユーザの認知プロセスをマクロ的に簡潔に要約した汎用モデルを使用する。移動支援機器および生活支援機器は、航空機やプラントなどの特別な訓練を受けた者だけが使用できる機器ではなく、いわゆる一般のユーザが使用する機器であるため、移動支援機器および生活支援機器使用時において、訓練が必要なほど複雑な情報処理は行われていないと想定され、汎用モデルでユーザの認知プロセスが十分に表現可能と考えられる。

最も基本的なユーザの認知プロセスは図 4.1 のように示される。ユーザは、外界の情報を「知覚」し、その意味を解釈し適切な措置を決定し（「認知・判断」）、運動器官により措置を「操作」する。ここで知覚は視覚、聴覚など感覚器における情報入力に相当し、操作は手・足による動作・操作に相当する。この基本的な認知プロセスをベースとして、ユーザの扱う対象によって様々な認知プロセスが提案されている。特に、ユーザの扱う対象物によって「認知・判断」に係わる処理過程をどこまで詳細に記述するのかが異なってくる。

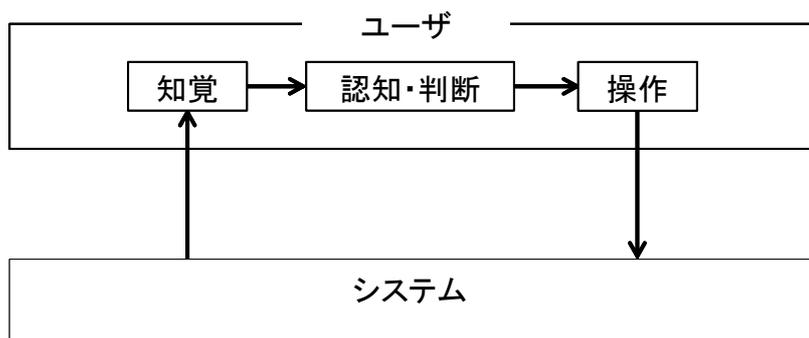


図 4.1 最も基本的なユーザの認知プロセス（基本認知プロセス）

「認知・判断」に係わる処理過程をより詳細に記述したものとして、D. A. Norman による行為の7段階モデル[105]がある。ユーザの行為遂行には実行（何かをすること）と評価（システムを用いて達成したいこと(ゴール)とシステムで実際に生じたことの比較）という2側面があるとし、実行と評価それぞれ図 4.2 に示す段階を経るとしている。実行の段階では、達成されるべき状態であるゴールを出発点とし、ゴールを達成するために何かをしようという意図に変換される。この意図を実現するために考えられる行為系列を計画し、その行為系列を実際に実行する。評価の段階では、システム状況を知覚することから始まり、その知覚はユーザが持っている予期にそって解釈され、次に意図とゴールに照らして評価（比較）される。図 4.1 に示す基本的なユーザの認知プロセスと比較すると、行為の7段階モデルの図 4.2 の破線に示す枠組みが基本認知プロセスに対応していると解釈される。

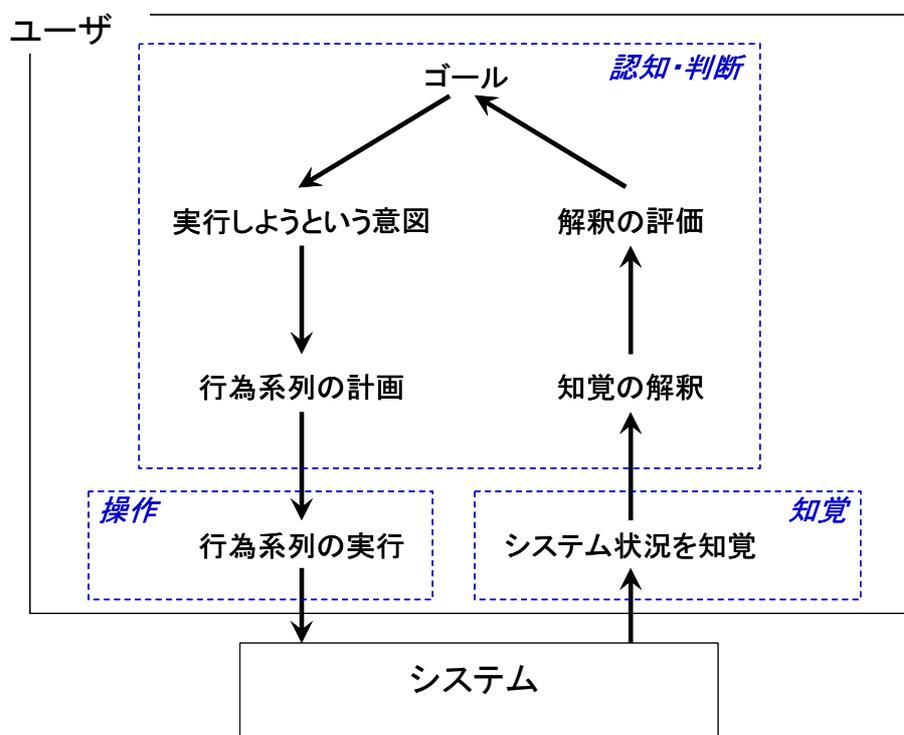


図 4.2 行為の7段階モデル

認知・判断における処理過程を階層別に表現した認知過程モデルとして、J. Rasmussen による情報処理モデル (SRK モデル) [141][142]がある (図 4.3). ここではユーザの行動を次の3つのレベルに分類している.

スキルベースの行動：システムからの刺激に対して，無意識のうちに自動的に応答する行動.

ルールベースの行動：システムからの刺激に対して，あらかじめ用意されたルールまたは手続きをあてはめて応答する行動.

知識ベースの行動：システムからの刺激に対して，ゴールだけが明らかとなっていて，そのゴールを達成するための行動手順を知識からの推測を基にして決定し，実際に実行する行動.

ユーザ行動は (習熟などにより) 効率化するにつれ最終的にはスキルベースで遂行されるといわれている. つまり，ユーザ行動の初期の段階では，手がかりに対して知識に基づいたルール形成や蓄積されたルールの選択を通じて遂行されるが，最終的には，行動全体が自動化され自覚を伴うことなく遂行される[141][142][145][146].

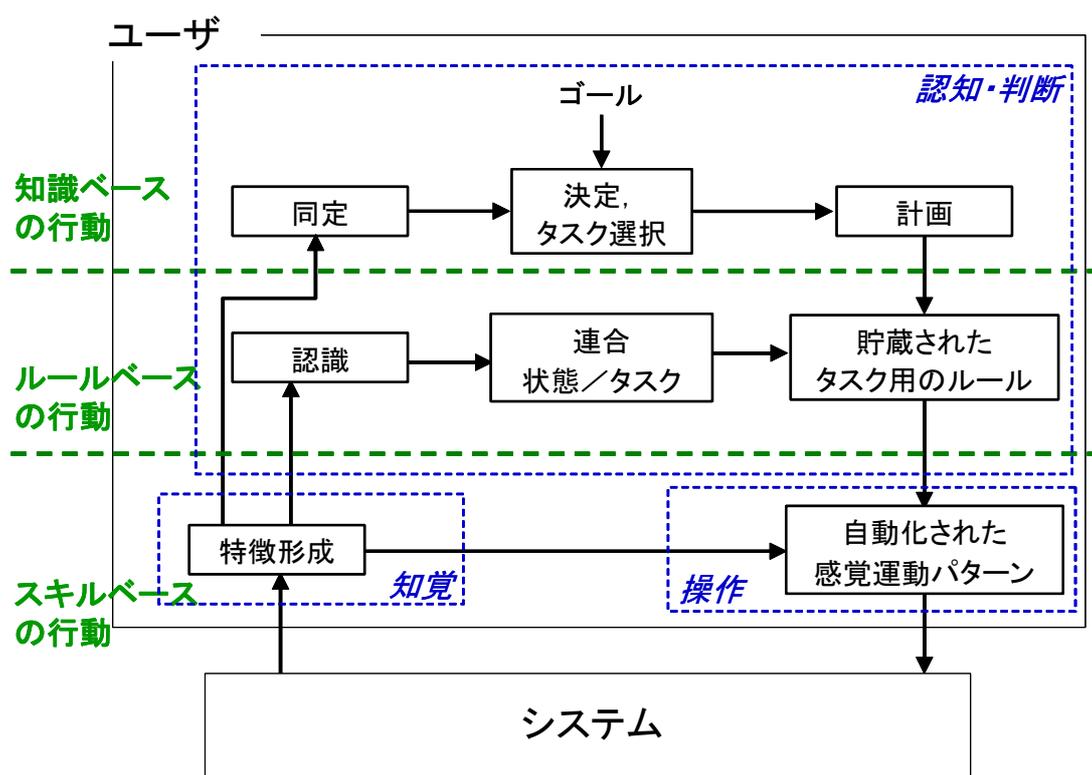


図 4.3 SRK モデル

図 4.4 に自動車運転時におけるドライバー認知プロセス[106]を示す. 自動車運転操作は，ドライバー—車両—走行環境の閉ループ制御系であり，ドライバーは視覚/聴覚などから走行環境を知覚し，状況の認識，判断を行う. そして車両に対する操作量が計画され，アク

セル、ブレーキ、ステアリング操作などが行われる。このプロセスでは、経験的に体得した知識に基づく認識、判断、計画が行われる。

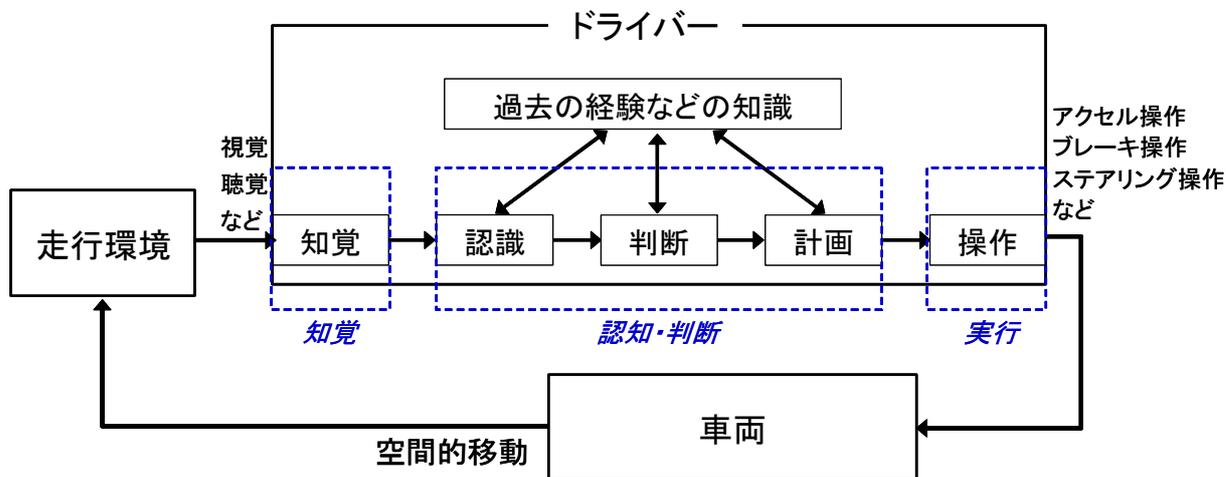


図 4.4 自動車運転時におけるドライバー認知プロセス

なお本論文では、知覚された情報の解釈に関して、自動車運転時や家電機器使用時など具体的な行為に関するユーザの認知プロセスを記述するときは「認識」と記述する。一方、基本認知プロセス（具体的な行為ではなく、より一般的な認知プロセス）を記述する際には「認知・判断」と記述することとする。

本研究では高齢化対応インターフェースとして、加齢により認知プロセスの各過程における機能の衰えが見られる場合を考慮し、各過程に係わる負担を軽減する（各処理過程を効率化する）ためのインターフェースを検討する。特に、先行研究ではほとんど取り組まれていない「認知・判断」に係わる処理過程の効率化に焦点を当てる。ここで、「認知・判断」に係わる処理過程の効率化は、SRK モデルでいうスキルベースによる行動を目指すことに相当する。本研究における高齢化対応インターフェース要件の検討は、従来にはない情報提示／情報提供方法により情報機器使用時のユーザの認知プロセスをスキルベース化するという方向性である。

4.1.2 認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フロー

高齢ユーザの加齢に伴う認知・判断機能の変化を考慮して、情報機器使用時におけるユーザの認知・判断過程に係わる負担を軽減するためのインターフェース要件を検討する。本研究では、認知過程モデルにより記述されたユーザの認知プロセスを高齢ユーザの諸特性に対応したインターフェース要件の検討に活用する方法を提案する。

第3章で述べたように、高齢ユーザの認知・判断機能は若年ユーザに比べて何らかの変化が見られるといわれているが、認知・判断におけるどの過程の機能がどの程度変化しているのかはほとんど明らかになっていない。そこで、ユーザの認知プロセスを推定し、認知プロセスの各処理過程に係わる負担を軽減するための新しい情報提示／情報提供方法を考える。ユーザの認知プロセスにおける各処理過程を効率化できると予想されるインターフェースは、加齢による認知・判断機能の変化の見られる高齢ユーザにとっても、効率よく使用できるインターフェースとなっているという考え方である。

図4.5にユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フローを示す。はじめに、ユーザが情報機器を使用する際の認知プロセスを推定する。次に、推定した認知プロセスを仮説として、各処理過程、特に認知・判断過程に係わる負担を軽減できると予想される新たな情報提示／情報提供方法を検討する。続いて検討した情報提示／情報提供方法の実装方法を考案する。そして、実装したインターフェースプロトタイプの高齢ユーザに対するユーザビリティを評価する。ユーザビリティ評価実験より高齢ユーザに対する有効性が明らかとなることで、検討した情報提示／情報提供方法が認知・判断機能に衰えの見られる高齢ユーザにとっても使いやすいインターフェースであるといえる。

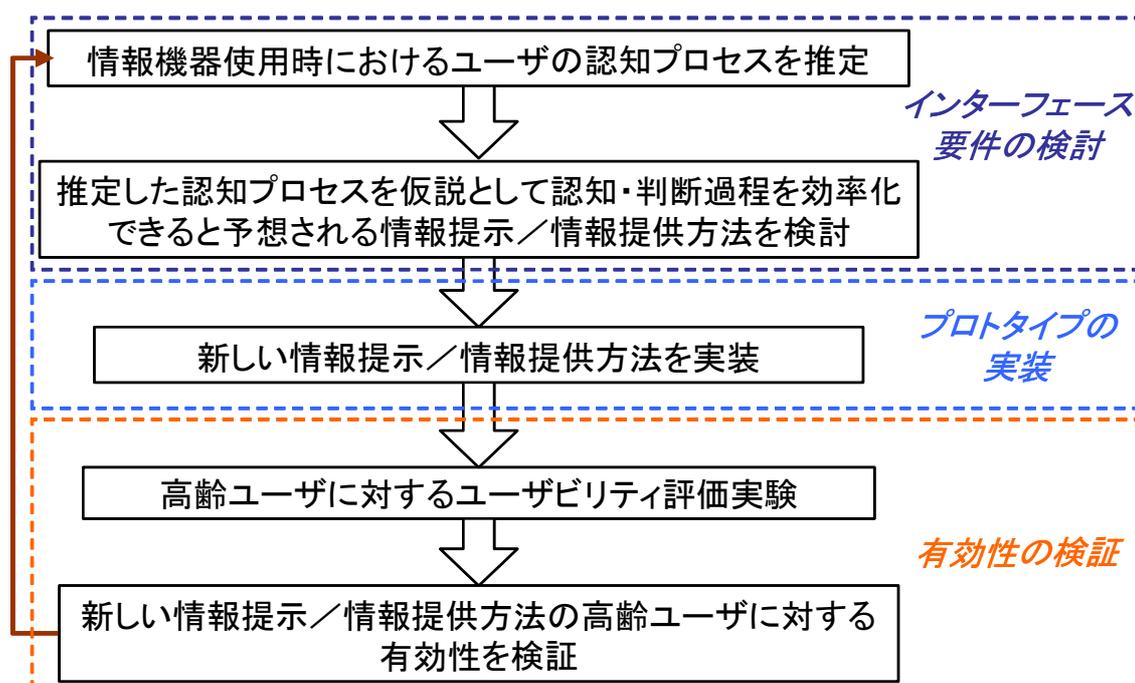


図4.5 ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フロー

なお、高齢化対応インターフェース要件の検討フローは図 4.5 の一連の流れとして示されるが、インターフェース要件の検討段階、プロトタイプの実装段階および有効性の検証段階はそれぞれ独立したものであり、直接結びついているのではない。つまり、インターフェース要件の検討段階で得られた知見を受けて、プロトタイプの実装段階ではそれを具体化するための設計方法などを検討する必要がある、インターフェース要件の検討段階で具体的な実装方法まで導き出すものではない。

本研究で提案するユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法は、その名称からはインターフェース要件の検討段階だけを指している。しかし、ユーザビリティ評価実験の結果から新しい情報提示／情報提供方法の高齢ユーザに対する有効性が明らかとならない場合は、その原因を検討して次の案を考えるために、情報機器使用時におけるユーザの認知プロセスの推定にフィードバックするというスパイラルとなっている。そのため、インターフェース要件の検討、プロトタイプの実装および有効性の検証という一連の流れをユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法とする。

インターフェース要件の検討段階において目標とするユーザの認知プロセスの効率化に関する概念図を図 4.6 に示す。新しい情報提示／情報提供方法による認知・判断過程における効率化は、図 4.3 に示した SRK モデルでいうスキルベース化を目指すことに相当し、インターフェース要件の検討段階では、どのような情報提示の付加もしくは情報提供方法の改善により、ユーザの認知プロセスがスキルベース化できるのかを検討する。

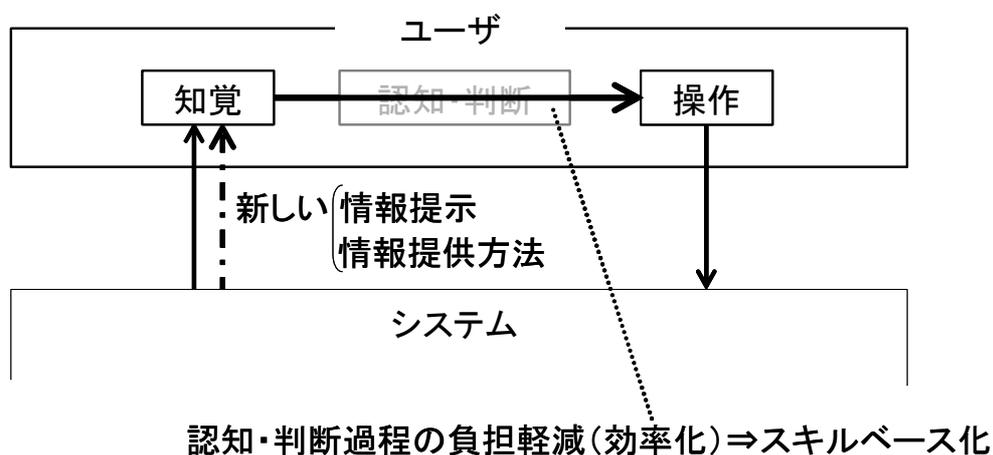


図 4.6 認知・判断過程における効率化の概念図

4.2 認知プロセスを用いた利用経過の概念モデル

4.2.1 ユーザの利用状況や状態の変化

従来のヒューマンインターフェース研究においては、ユーザの諸機能を定常的と仮定して情報提供方法などが検討されてきた。4.1 節で示したユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討においても、ユーザの認知プロセスにおける各処理過程の特性は定常的と仮定したものであった。しかし、日常生活を営む上では時間の経過があり、時間の経過に伴ってユーザの利用状況や使用環境は変化する。このような利用経過により、認知プロセスにおける各処理過程の特性も変化する事が考えられる。

例えば、出発地から目的地までの間に運転支援システムを使用する場合の利用経過を考える。車載ナビゲーションシステムの経路誘導機能を使用する場合、出発してから目的地へ到着するまで常に経路誘導情報が提示されるが、交通状況は時々刻々と変化する。同じ経路誘導情報（「次の交差点を右折」など）でも、直進路で周辺交通が少ない状況での情報入手はたやすいが、市街地内の狭い道路で他車や歩行者など周辺交通が多い状況では、提示された経路誘導情報を処理することは困難なタスクと考えられる。

また運転支援システムからの警報に関して、交通状況によってはドライバーの注意が他に向いていて、提示された警報への反応が遅れるもしくは警報に気付かない場合も起こりうる。例えば、都市部の大きな交差点（青信号）において右折しようとする場合、ドライバーの注意は主に右前方へ向いていると考えられる。この状況下で、交差点の少し前に細い路地が存在し路地から車両が出現するような場合、ドライバーの注意は右方向にあるため出現車両に気付かず、またダッシュボード中央に設置された車載ディスプレイに出合頭衝突防止警報が提示されても気付かないことも考えられる。このような状況では、ドライバーの注意方向を考慮した情報提示位置（この例ではドライバーの右前方など）が、ドライバーの警報への反応に対して効果的なインターフェースと思われる。また別の例として、高速道路のカーブ区間進入前に前方に駐車車両などの障害物が存在する（ドライバーからは視認できない位置）ことを知らせる前方障害物警報が掲示されたとき、ドライバーは警報に反応して車線変更を行おうとする。ここで、移動する車線の後方から車が接近してくる場合、ドライバーは前方の障害物により注意を向けていて、サイドミラーによる後方確認が十分ではなく、サイドミラーに映る接近車両に気付かない可能性が考えられる。このような状況では、前方により近い位置（HUD など）やミラーの側に設置したディスプレイに後方車両接近警報を提示することが、後方車両の存在をドライバーに知らせるために有効であると考えられる[143]。

ドライバーの状態は交通状況の変化に応じて時々刻々と変化し、この時間の経過によるドライバーの利用状況の変化を考慮したインターフェースが、安全性向上および使用時の負担軽減に有効なヒューマンインターフェース要件になりうると考えられる。

また時間の経過という概念をより広く捉えると、移動支援機器や生活支援機器は、購入してから1回限りの使用ではなく、日常生活において何度も使用するものである。ユーザの状態を考えると、使用日によってはユーザの心身状態などが異なってくる。例えば、使用日によっては睡眠不足のため、とても眠気を感じる中でドライバーが運転中に経路誘導情報を利用する場合もある。特に高齢者は、日によって心身機能が大きく変化するといわれており、使用日による心身機能の変化が移動支援機器および生活支援機器のユーザビリティに影響を及ぼすことは十分に考えられる。

従来までのヒューマンインターフェースの研究では、定常的と仮定したユーザ特性に合わせたインターフェース設計を行ってきた。これは技術的な制約から支援機器のインターフェースを1つしか構築できなかったためでもある。しかし、今後、リアルタイムなセンシング能力の向上や計算機能力の向上という背景から、支援機器のインターフェースを1つに制限するのではなく、状況によってインターフェースを変更することが技術的に可能となってくる。そのため、支援機器に対するユーザの利用経過という概念を、支援機器の使用時という短い利用経過から支援機器を使用する日時という長い利用経過も含めて捉え、インターフェース要件を検討する際に、ユーザの利用経過を考慮することが重要となってくる。基本認知プロセスを用いてユーザの利用状況や状態の変化の概念を図4.7に示す。

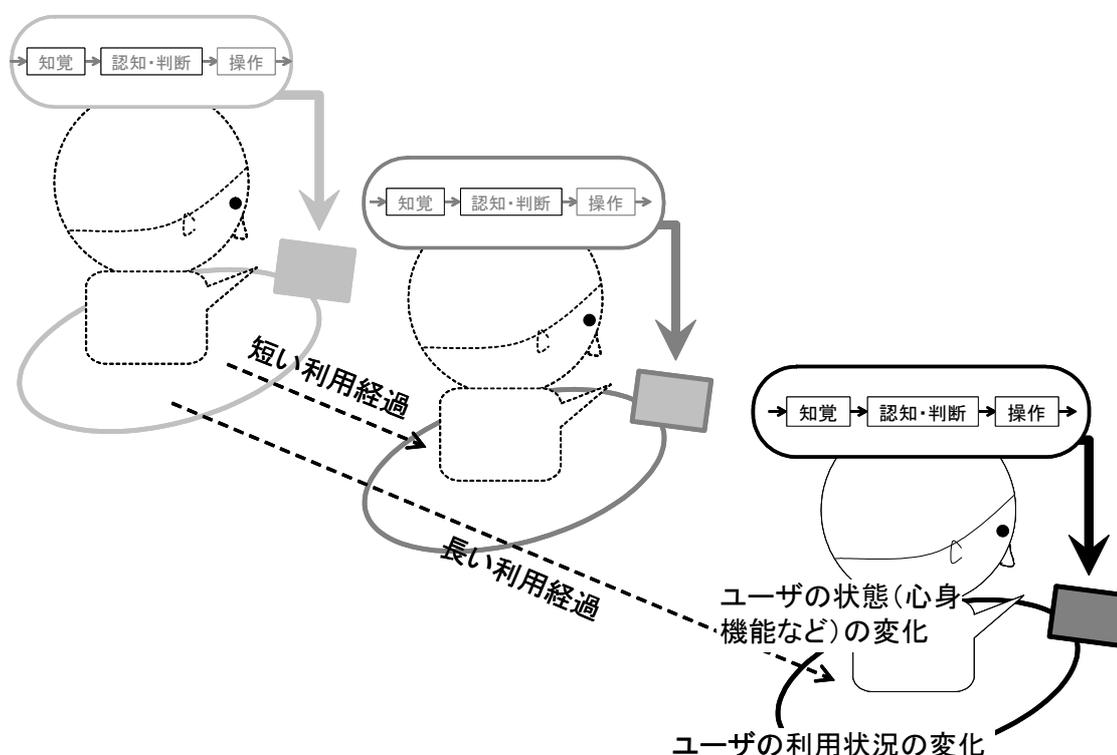


図 4.7 ユーザの利用状況や状態変化の概念図

4.2.2 ユーザの習熟適応性

移動支援機器および生活支援機器の使用は、購入後1回限りの使用ではなく何度も使用する。何度も使用することで機器の使用に慣れ、この慣れによる移動支援機器および生活支援機器のユーザビリティに対する影響があると考えられる。これは誰もが経験していることであり、初めて車載ナビゲーションシステムを購入して目的地設定をする場合、マニュアルを見ながら操作し、また画面内で試行錯誤しながら設定するが、車載ナビゲーションシステムの操作に慣れてくると、マニュアルを見ないで、初めての時よりは短い時間でスムーズに設定できるようになる。また家電についても同様で、購入して初めて使用するときはマニュアルなどを見て時間をかけて操作するが、慣れてくるとマニュアルを見ずにスムーズに操作できるようになる。ここでは、ユーザが移動支援機器や生活支援機器の画面内容理解や操作方法に慣れることをユーザの習熟適応性と表現する。

習熟適応性は、ユーザと移動支援機器および生活支援機器とのインタラクションにおいて時間の経過した結果であり、前項で示した利用経過という概念の一部と考えられる。今後、図4.8に示すように、ユーザの利用経過の一概念である習熟適応性を考慮してインターフェース要件を検討することも重要と考えられる。

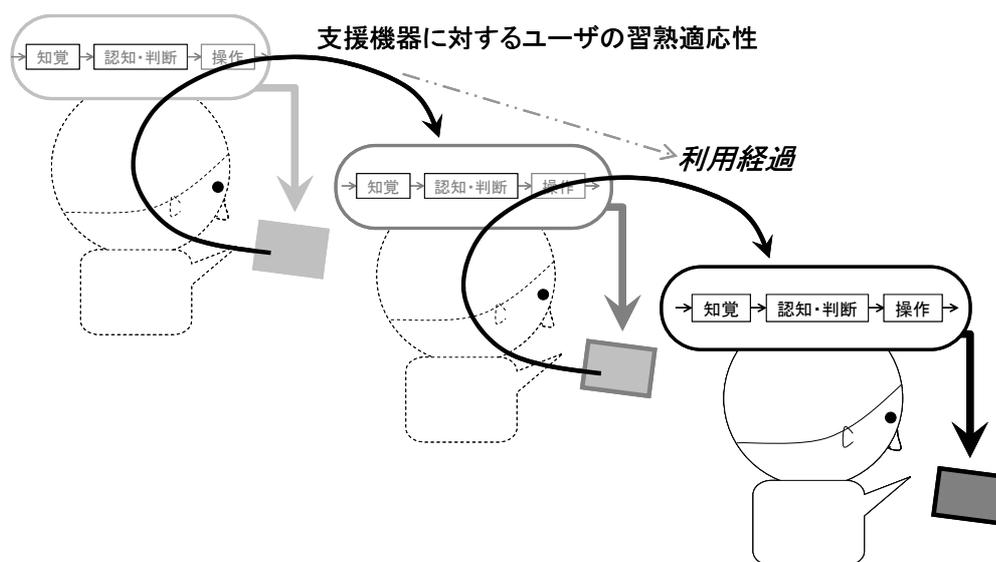


図4.8 ユーザの習熟適応性の概念図

4.2.3 使用時間、使用日数による利用経過の概念モデル

ユーザの利用状況や状態の変化および習熟適応性の概念モデルに関して、移動支援機器と生活支援機器に分類して検討する。移動支援機器は移動中に使用することから、生活支援機器に比べて1回の使用時間は長い。1回の使用時間内で、交通状況の変化に応じたドライバーの利用状況の変化が見られ、また使用時間が長くなるにつれ、ドライバーの疲労による影響も考えられる。またこの1回の使用時間内においても移動支援機器に対する習熟適応性が見られると考えられる。

移動支援機器および生活支援機器とも1回限りの使用ではないので、使用日によるユーザの状態の変化による影響はどちらの支援機器においても考えられる。また何日も使用することで移動支援機器および生活支援機器に対してユーザは慣れていく。ここで、支援機器との接し方に関して、一般に生活支援機器は毎日の生活において使用するもので、使用日数は生活支援機器の方が移動支援機器に比べて多く（連続しており）、同一の生活支援機器をより長い年月使い続けると考えられる。

移動支援機器、生活支援機器のインターフェース要件を検討する際に考慮すべきユーザの利用状況や状態の変化およびユーザの習熟適応性によるユーザ特性の変化を使用時間と使用日数を基にして図4.9に示す。

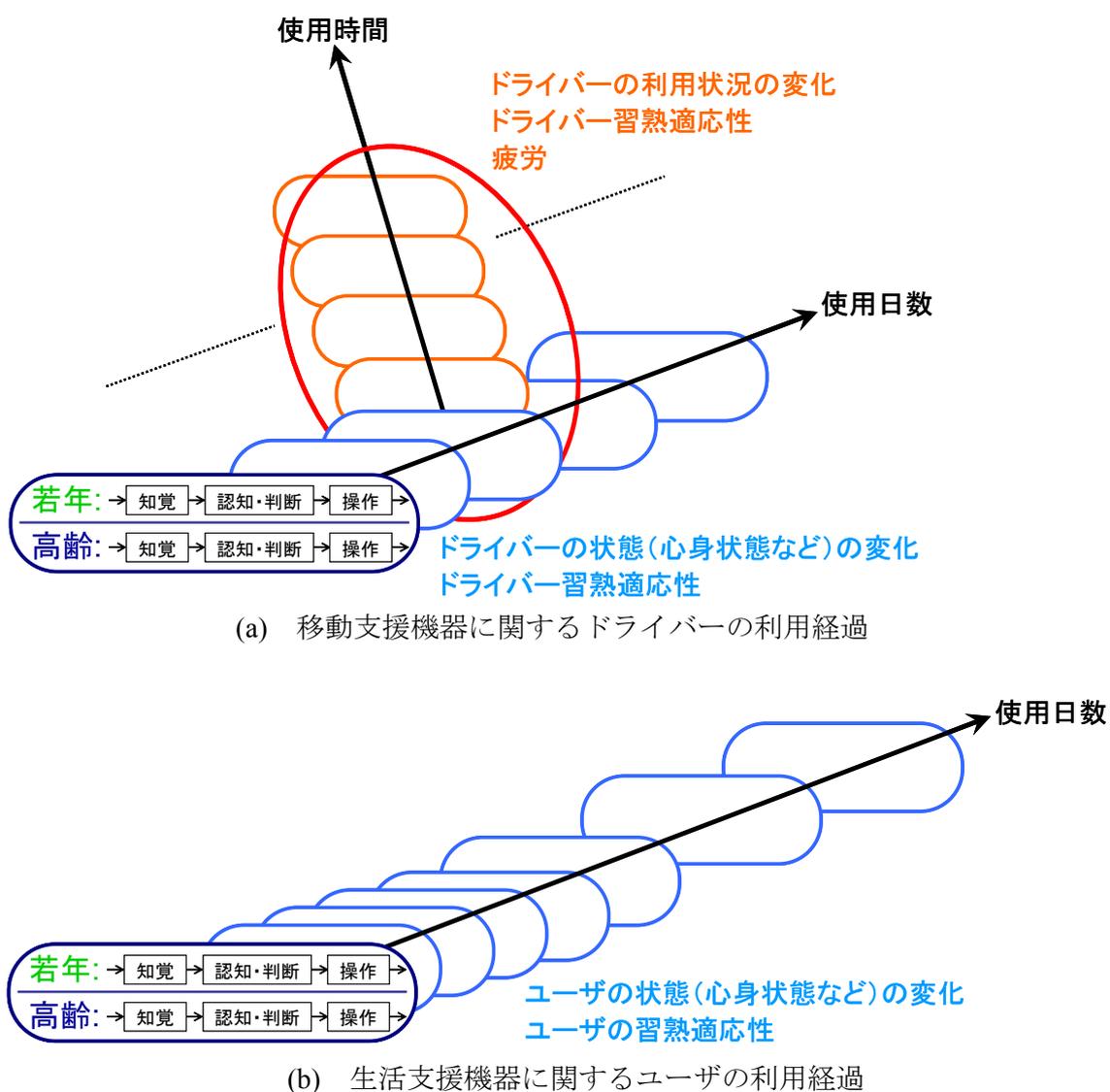


図4.9 使用時間、使用日数に基づいたユーザの利用経過

このような使用時間、使用日数によるユーザの利用状況や状態の変化およびユーザの習熟適応性に関して、若年ユーザと高齢ユーザで異なった特徴を示す可能性が考えられる。そのため、移動支援機器および生活支援機器のヒューマンインターフェース要件を検討する際には、ユーザの利用経過によるユーザ特性の変化に関して年齢による影響を検討することが重要である。

4.3 本研究で用いる認知プロセスおよび利用経過の概要

本研究では、移動支援機器の具体例として ITS アプリケーションを、また生活支援機器の具体例として情報家電を取り上げ、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法を ITS アプリケーションおよび情報家電の高齢化対応インターフェースの検討に適用する。ITS アプリケーションの使用は、運転に関する情報処理と ITS からの情報提示に対する情報処理を行う 2 重タスクであり、一方、情報家電の使用に関しては、情報家電に対するのみの情報処理を行う。このように、情報機器とユーザとのインタラクション形態が異なる ITS アプリケーションと情報家電に対して、同一の方法を用いて高齢化対応インターフェースを検討することが本研究の目標である。そのため、ITS アプリケーションおよび情報家電使用時におけるユーザの認知プロセスが共通であると仮定する（インタラクション形態は異なるが、情報処理過程はほとんど同じという仮定）。図 4.10 に本研究で仮定するユーザの認知プロセスを示す（各処理過程の詳細は次章以降に示す）。ITS/情報家電からの情報を知覚し、状況を認識し、とるべき行為系列の判断および実行結果の予測を経て、操作を行う。なお本論文では、ITS アプリケーションと情報家電を取り上げるため、ITS/情報家電使用時における認知プロセスとするが、汎用モデルであることから ITS/情報家電以外にも広く適用できると考えられる。この認知プロセスをベースとして、認識過程および判断・予測過程の効率化を目指したインターフェース要件を検討する。

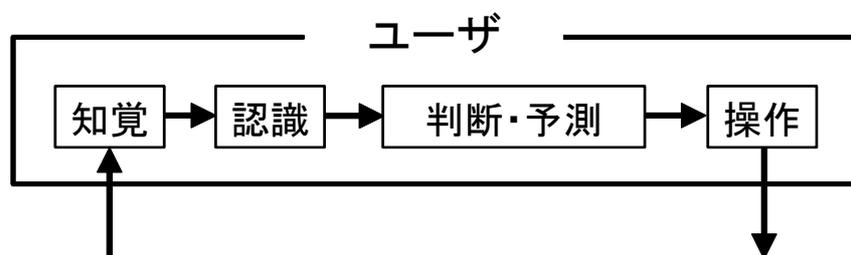


図 4.10 本論文で用いるユーザの認知プロセス

ITS/情報家電使用時におけるユーザの認知プロセスの利用経過による影響を考えると、ITS アプリケーション使用時には、図 4.11 に示すように 1 回の使用時間における利

利用経過と使用日数における利用経過が考えられる。それぞれの利用経過において、ユーザ認知プロセスの各処理過程の負担軽減／増大および認知プロセス自体の変化が考えられる。

情報家電使用時においては、図 4.12 に示すように、ITS アプリケーション使用時よりも使用日が連続しており（毎日使用する）、より長い使用日数の観点からの利用経過が考えられる。使用日数の経過に伴うユーザ認知プロセスの各処理過程の負担軽減／増大および認知プロセス自体の変化が考えられる。

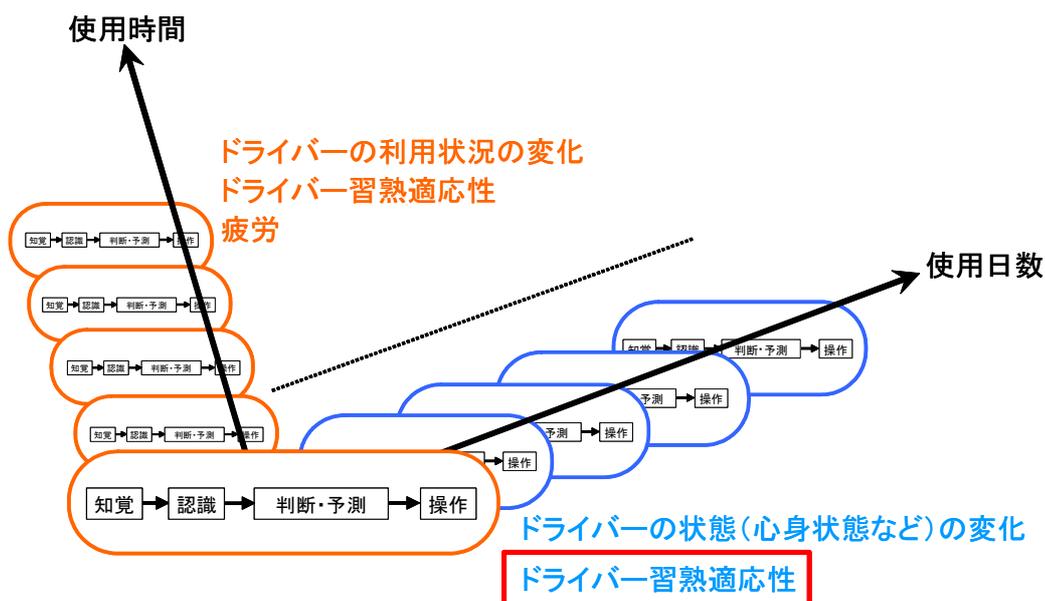


図 4.11 ITS アプリケーション使用時におけるドライバーの利用経過

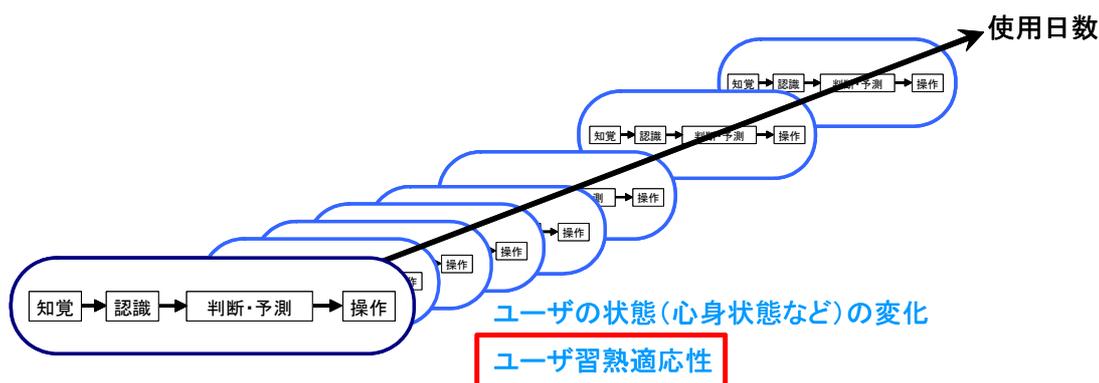


図 4.12 情報家電使用時におけるユーザの利用経過

本研究では、ITS アプリケーションおよび情報家電とも使用日数の観点からの利用経過に注目し、基礎的研究として3種類の利用経過（利用状況の変化，ユーザ状態の変化，ユーザ習熟適応性）の中からユーザ習熟適応性に焦点を当てる。

第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用

5.1 ITS使用時の認知プロセスおよび習熟適応性の概要

本章では、ユーザの認知プロセスの活用による、習熟適応性を考慮した高齢化対応インターフェースの検討の具体例として、ITSアプリケーションの高齢化対応インターフェースの検討事例を示す。はじめに、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フローを狭路走行支援システムに適用し、高齢ドライバーにとっても運転中に使いやすい狭路走行支援システムのインターフェースを検討する。次に、ITSアプリケーションがドライバー習熟適応性に及ぼす影響の基礎検討として、運転中にドライバーとITS間において操作によるインタラクションが行われる車載ナビゲーションシステムを取り上げる。ここでは、車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性の評価指標を明らかにした上で、車載ナビゲーションシステムのインターフェースがドライバー習熟適応性に及ぼす影響を検討する。

自動車の運転は、ドライバー—車両—走行環境の閉ループ制御系であることから、狭路走行支援システム使用時におけるドライバー認知プロセスを一般化すると図5.1のように示される（具体的に狭路走行支援システムのインターフェースを用いた場合の認知プロセスに関しては5.2節で述べる）。ここで、狭路走行支援システムからの情報は、自車両のみのものではなく、自車と他車との位置関係や自車と道路側方との位置関係および自車と障害物の位置関係に基づいた警報など走行環境の中での自車の位置に関連した情報であるため、ドライバー—車両—走行環境の閉ループにおける走行環境と同列であると考えられる。

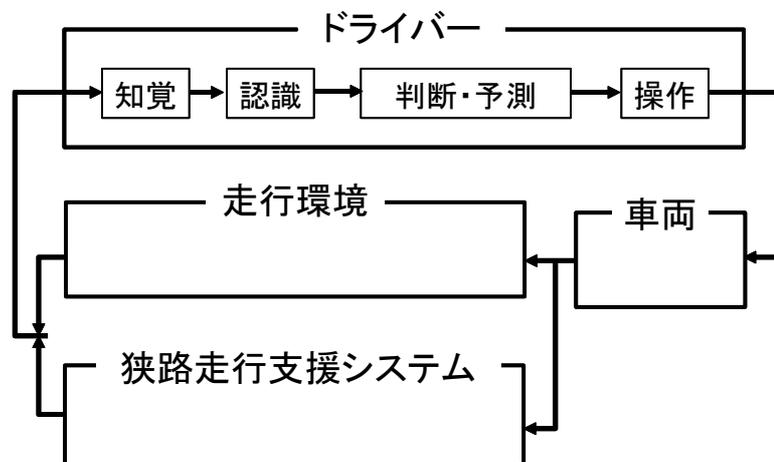


図5.1 狭路走行支援システム使用時におけるドライバー認知プロセス(一般化)

狭路走行は加齢による認知・判断機能の変化の見られる高齢ドライバーにとって非常に困難な運転タスクであり、またそのような困難なタスクである狭路走行中に支援システムからの情報を処理するためには、加齢による認知・判断機能の変化を考慮した支援システムのインターフェースが必要不可欠である。本研究では、加齢による認知・判断機能の変化が懸念される高齢ドライバーに対して、狭路走行支援システムのユーザビリティを向上させるために、認識、判断・予測過程における負担軽減（効率化）を目指した新たな情報提示／情報提供方法を検討する。2.2.2項で示した狭路走行支援システムに関する先行研究を基に、位置関係情報をベースとした高齢化対応インターフェースを検討するため、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フローの第1段階として、狭路走行支援システムの位置関係情報使用時におけるドライバーの認知プロセスを推定する。

車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性に関して、使用日数の観点からの習熟適応性の概念モデルを図5.2に示す。車載ナビゲーションシステムの操作は運転操作とは直接関係のない操作であるため、ドライバーの操作対象は車両と車載ナビゲーションシステムであり、ドライバーが知覚する情報は走行環境からの情報と車載ナビゲーションシステムからの情報である。本研究では、車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性を検討することから、車載ナビゲーションシステムへの慣れによる操作過程における変化に注目する。ここでは、車載ナビゲーションシステムのメニュー階層構造がドライバー習熟適応性に及ぼす影響の年齢による比較・検討を行う。

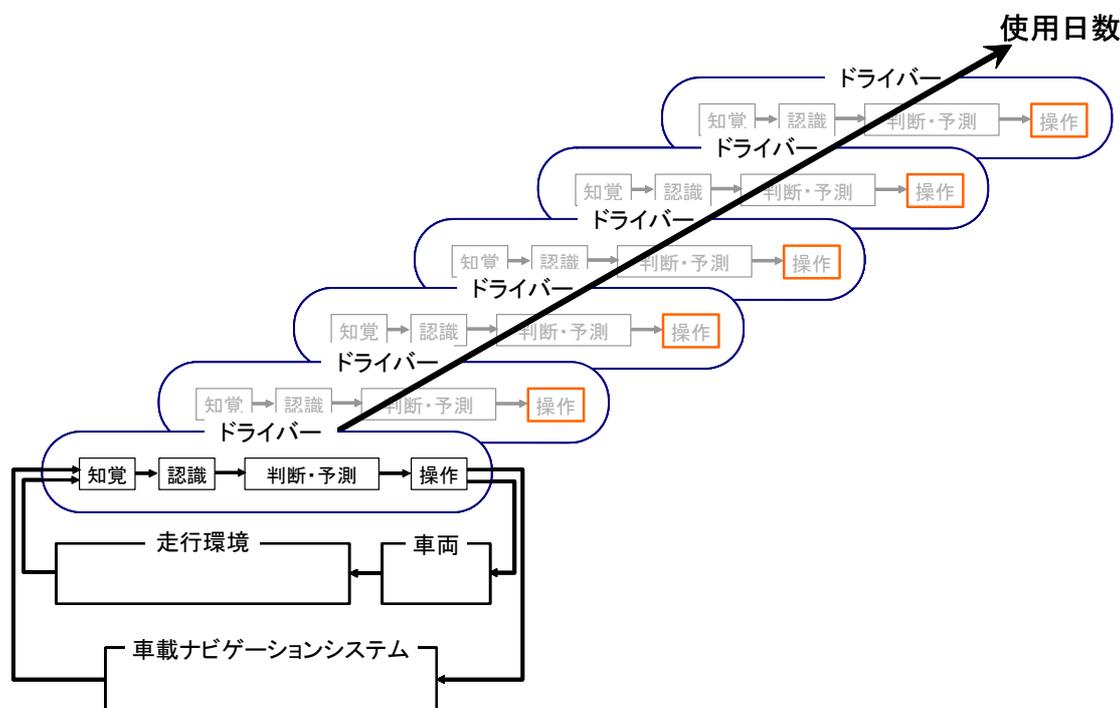


図 5.2 車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性の概念モデル

5.2 認知プロセスを活用した狭路走行支援システムの高齢化対応インターフェースの検討

5.2.1 ドライバー認知プロセスの推定

狭路走行時にどのような情報をドライバーが必要としているのかを検討した先行研究の結果から、狭路走行時にドライバーが必要とする情報として、狭路コース内における自車位置（自車と各障害物との距離および自車の向き）と推奨経路（安全に狭路を走行するための全体の経路計画）が挙げられた。一般的なドライバー認知プロセスに、これら2つの情報を記述し、狭路走行支援システムを使用しないで狭路を走行する場合のドライバー認知プロセスを図5.3に示す。

走行環境において、狭路コース内における自車位置を知覚し、過去に得た運転経験による知識から推測した推奨経路の位置と自車の位置関係を認識し、車両に対する操作量が判断され、実際に操作が行われる。

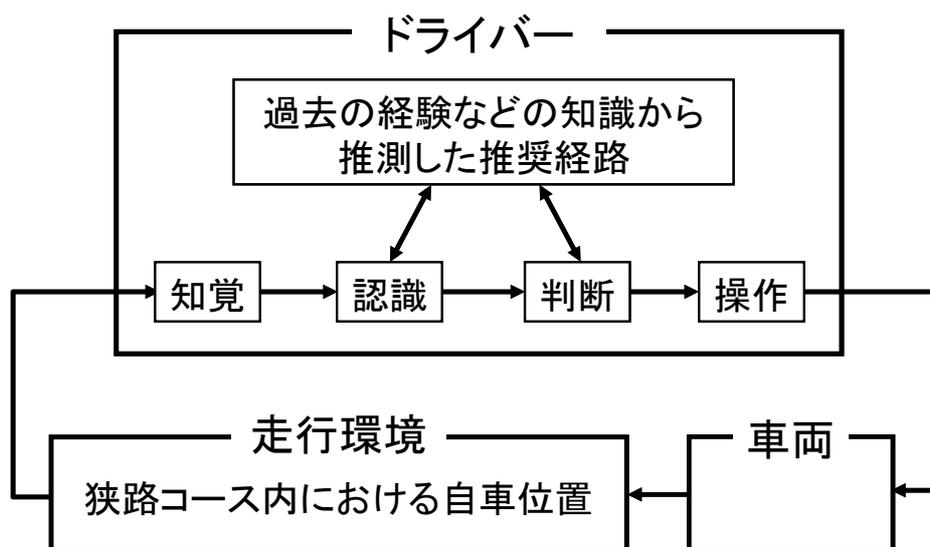


図 5.3 狭路走行時におけるドライバー認知プロセス

位置関係情報を用いた際に、これら2つの情報をどのように処理しているのかを推定し、狭路走行支援システムの位置関係情報使用時におけるドライバー認知プロセスを図5.4に示すように検討した。

車載ディスプレイに狭路コース内における自車位置と推奨経路が表示されているため、ドライバーは車載ディスプレイを知覚することで自車と推奨経路の位置関係を認識できる（認識過程における負担減少）。そしてこの情報を基に操作量を判断する。一方、走行環境においては、狭路コース内における自車位置の情報しかないため、車載ディスプレイから得た情報を走行環境へ投影し、操作による位置関係の変化を予測する必要がある。

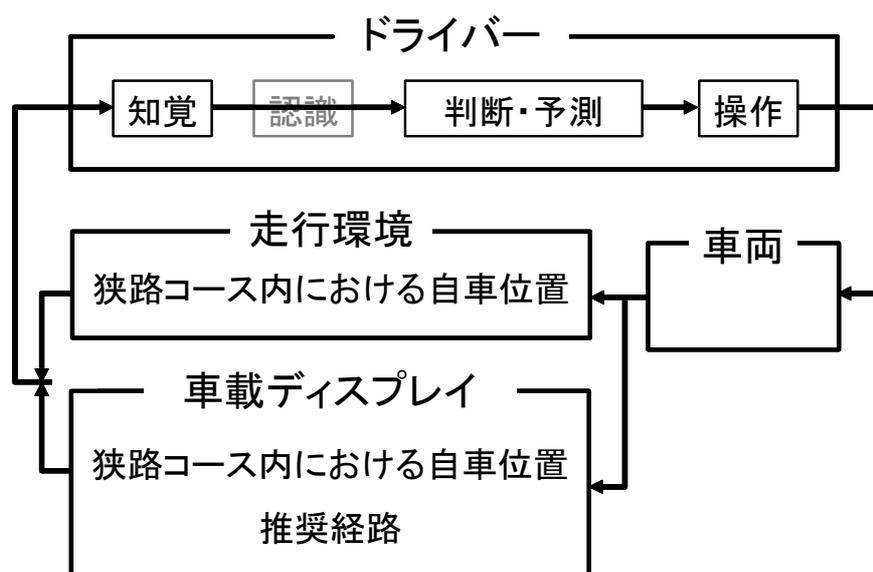


図 5.4 位置関係情報使用時におけるドライバー認知プロセス

5.2.2 新しい情報提示の検討

高齢ドライバーは、加齢による視覚機能、認知・判断機能の変化から、知覚・認識過程および判断・予測過程の両過程での負担が大きくなっていると考えられる。知覚・認識過程を効率化するためには、位置関係情報の提示位置を変更し、位置関係情報をより見やすくすることが考えられる。しかし、より知覚しやすい位置に情報を提示しても、その情報の判断・予測過程は依然として負担となったままである。判断・予測過程を効率化するためには、自車と各障害物、推奨経路との位置関係という支援情報の内容を見直す必要がある。つまり、位置関係に関する情報を増加/工夫するだけでは、知覚・認識過程の負担を軽減できても、その位置関係情報から操作量を判断する判断過程の負担軽減には繋がらないと考えられる。

そこで、操作量を判断する負担を軽減するために、推奨経路通りに走行するためのステアリング操作に関する情報（以後、「ステアリング操作情報」と称す。）を提示することを提案する。推奨経路通りに走行するためのステアリング操作情報を提示することで、操作による位置関係の変化も予測しやすくなると予想される。（図 5.5）

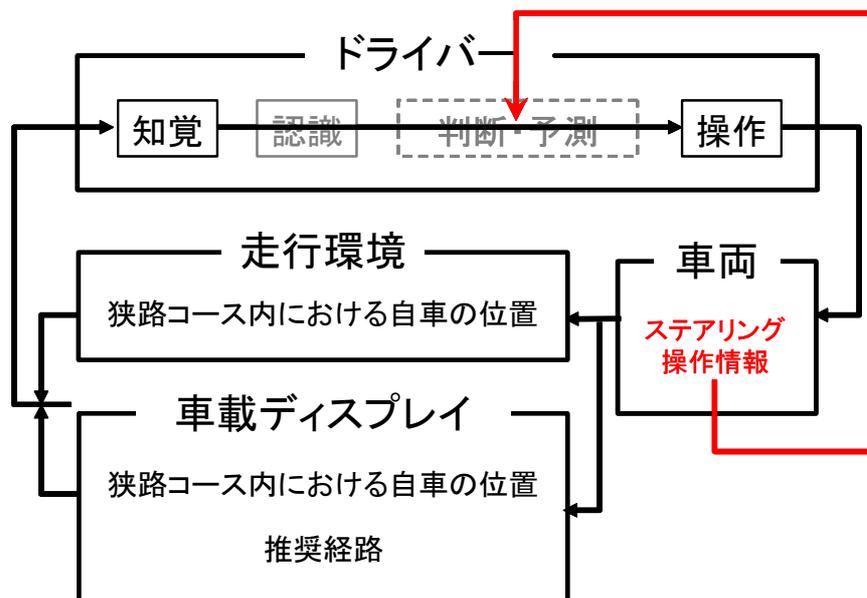


図 5.5 ステアリング操作情報による判断・予測過程の効率化

狭路走行支援システム使用時におけるドライバー認知プロセスの分析を基に，判断・予測過程を効率化するためのインターフェースとして，ステアリング操作情報の実装方法を検討する。

5.2.3 インターフェースプロトタイプの実装

狭路を推奨経路通りに走行するためのステアリング操作情報を実装するに当たって，推奨経路通りに走行するためのステアリング操作特性に関して調査した。

ドライビングシミュレータの狭路専用テストコースを使用し，0～5km/h，5～6km/h，6～7km/h，7～8km/h，8～9km/h，9～10km/h という 6 条件で狭路を推奨経路通りに走行し，走行時におけるステアリング操作角度を計測した。その結果，図 5.6 に示すように，狭路を走行する際，ある程度低い車速であれば，ステアリングを操作するタイミングが一定で，ステアリング操作量もほぼ一定量で推奨経路通りに走行できることが明らかとなった [107]。

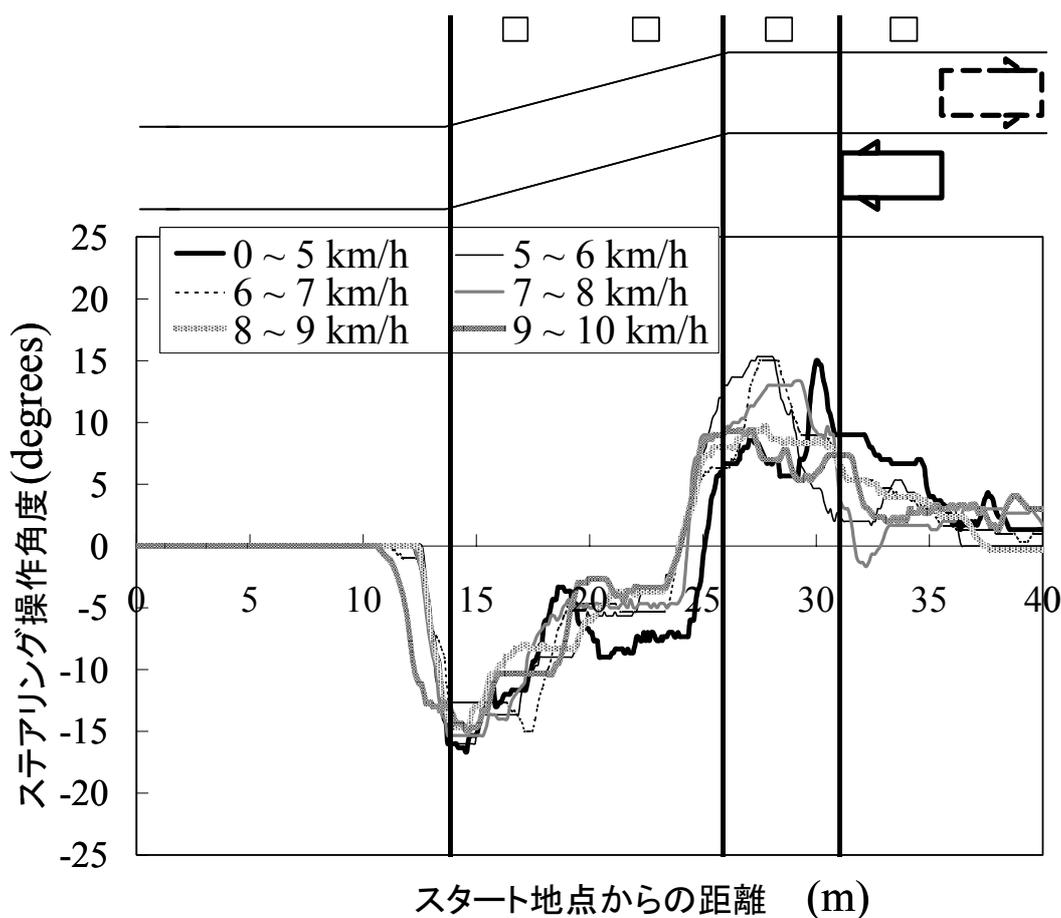


図 5.6 推奨経路走行時におけるステアリング操作角度の結果 1

狭路走行として1台の駐車車両を通過するだけでなく、現実の交通状況では駐車車両が前後に連続して存在する場合もあり、連続して存在する場合の運転タスクはより困難である。このような駐車車両が連続して存在する状況におけるステアリング操作特性も同様に調査した。ここでは、0~10km/h、10~15km/h、15~20km/hという3条件で、各速度で5回狭路を走行した際のステアリング操作角度を分析した。図 5.7 に推奨経路通りに走行した場合のステアリング操作角度の結果を示す。その結果、車速0~20km/hという低速度で狭路を推奨経路通りに走行するとき、ある範囲内のステアリング操作角度で走行でき、2台目の駐車車両の回避時においてもステアリング操作量はほぼ一定量であることが明らかとなった。またステアリング操作を行うタイミングに関して、車速が高くなるにつれて操作タイミングは若干早くなることが示唆された。

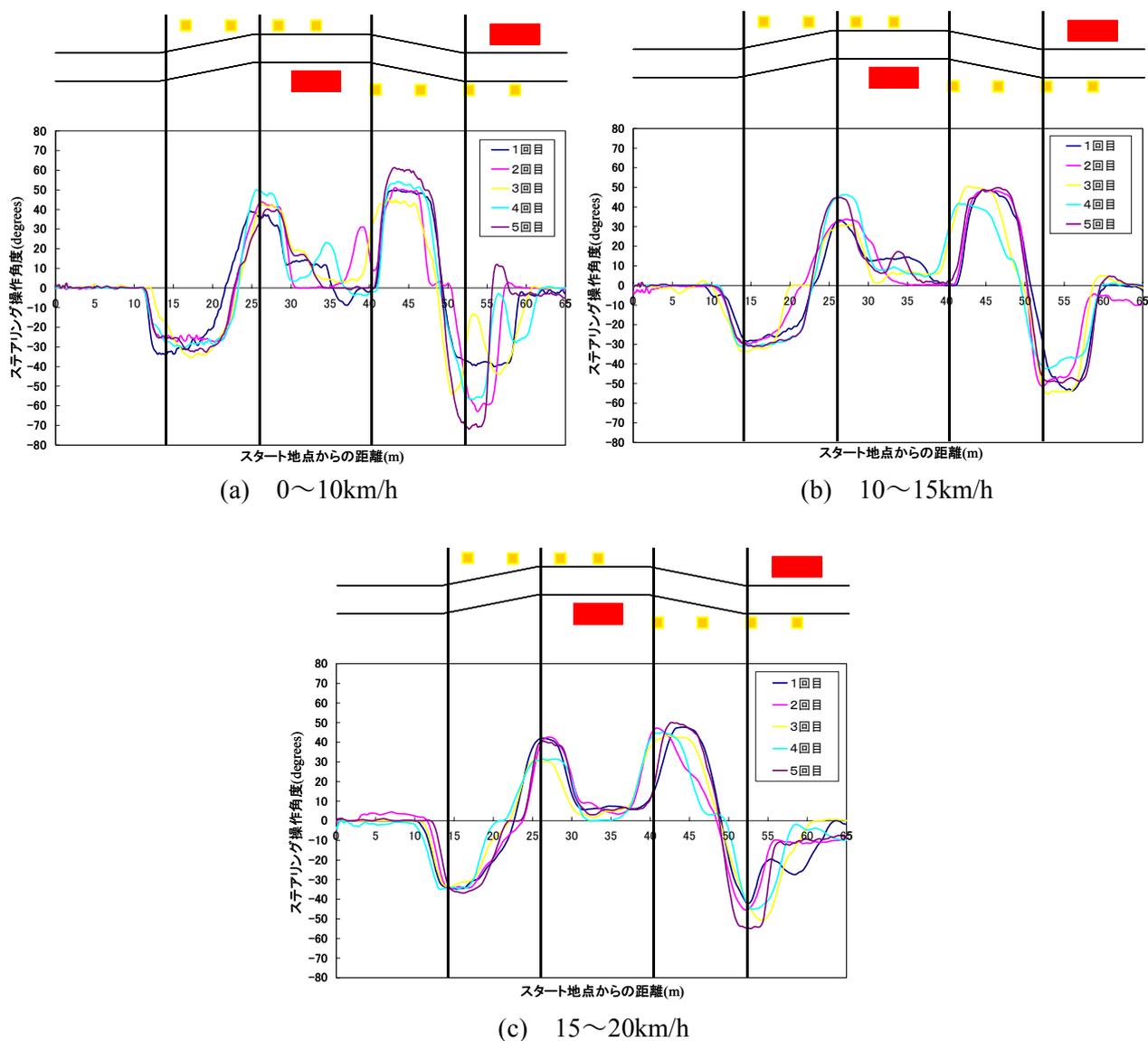


図 5.7 推奨経路走行時におけるステアリング操作角度の結果 2

この結果を基に、図 5.8、図 5.9 に示すように、ステアリングに基準点とマーカーを設置したインターフェースを考案した。ドライバーは推奨経路の左/右へ方向を変える地点でステアリングのマーカーを基準点に合わせるように操作する（ステアリングのマーカーのところまでステアリングを操作する）というものである。

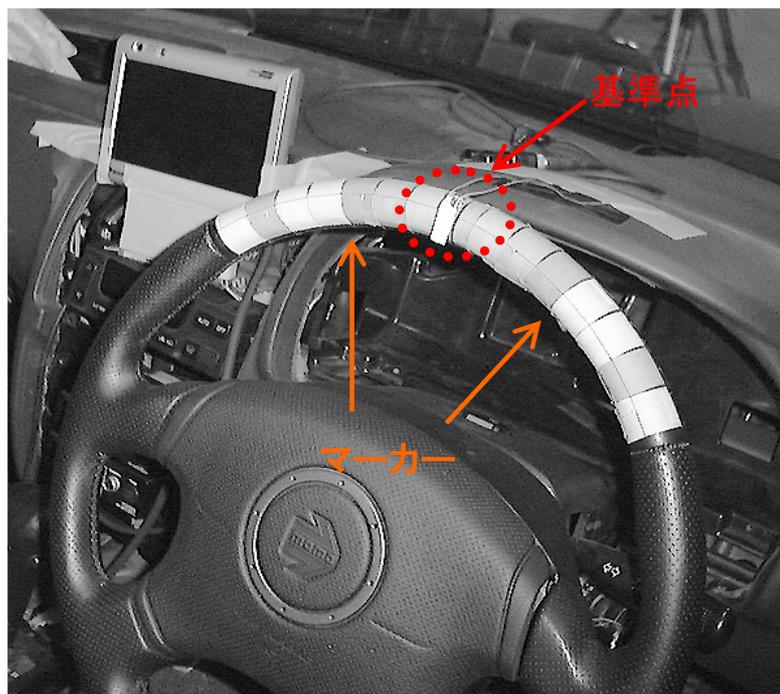


図 5.8 ステアリング操作情報のインターフェースプロトタイプ 1



図 5.9 ステアリング操作情報のインターフェースプロトタイプ 2

しかし、狭路の障害物の位置関係は上述のように二通りで全てというわけではなく、実際の交通環境では様々に存在し、その狭路を安全に通過するための推奨経路も、狭路毎に異なってくる。ステアリングにマーカーを付加するインターフェースでは、様々な狭路場面に対応できないため実用性は低いと思われる。

またドライビングシミュレータの狭路専用コースにおいて、図 5.8 に示すステアリング操作情報のインターフェースプロトタイプを使用した若年ドライバーの狭路走行行動を検討した結果、ステアリング操作情報のみでは自車と推奨経路の具体的な位置関係を認識できず、スムーズな狭路走行に有効でないことが明らかとなった[107]。

そこで、実用性を考慮したインターフェースとして、図5.10に示すようなステアリング操作情報を考案した[108][109]。ステアリング操作量表示部がドライバーのステアリング操作に連動し、目標の位置が推奨経路通りに走行するためのステアリング操作量を示している。ドライバーは狭路を走行する際、目標の位置までステアリング操作量表示部を操作するというものである。

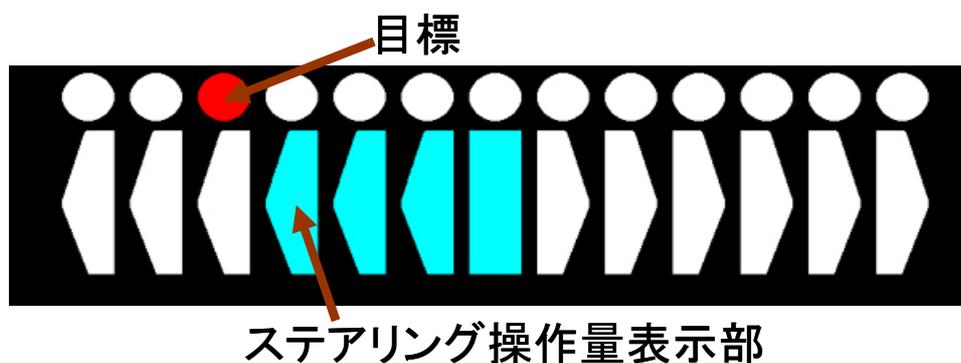


図5.10 ステアリング操作情報の実装用インターフェース

ステアリング操作情報の提示位置は、位置関係情報を提示する車載ディスプレイと両立でき、またステアリング操作に関する情報であるというアフォーダンス[110]をドライバーが容易に知覚できるように、図5.11に示すようにドライバー前方下部のフロントウインドウ上に表示されるヘッドアップディスプレイ（以後、「HUD」と略す。）とした。

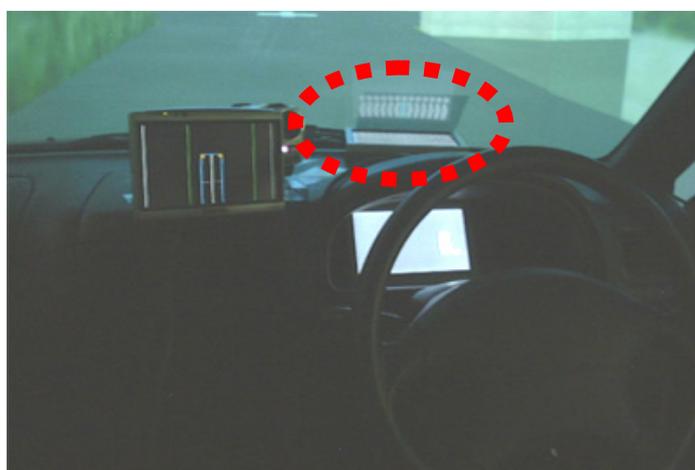


図5.11 ステアリング操作情報の提示位置

続いて、ステアリング操作情報の高齢ドライバーに対する有効性を検討するため、若年ドライバーおよび高齢ドライバーを被験者としてステアリング操作情報のユーザビリティ評価実験[111]を行った。

5.2.4 ユーザビリティ評価実験

(1) 実験装置

実験時における安全性を確保できること、また、被験者毎に走行環境を統一できることから、本実験では図 5.12 に示すドライビングシミュレータを用いた。ドライビングシミュレータは、車両 1 台分、150 インチスクリーン、液晶プロジェクターなどから構成された。

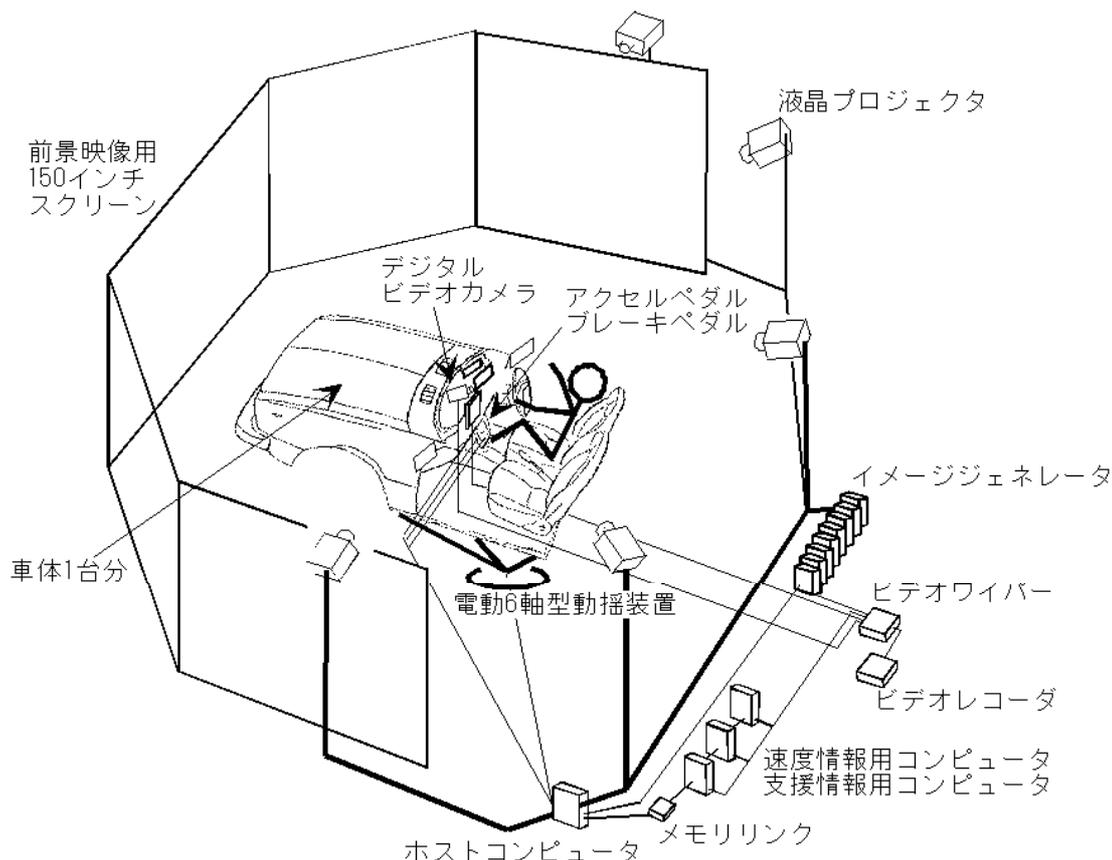


図 5.12 ドライビングシミュレータの概観

150 インチスクリーン 5 面、右サイドミラー、左サイドミラー及びルームミラーに表示される走行映像は、ホストコンピュータに収集されるドライバーの運転操作量に基づいてイメージジェネレータで描画された。走行環境に対するドライバーの視野角は 230 度であった。また、自車の座標、速度やステアリング操舵角がホストコンピュータから速度情報用コンピュータ、支援情報用コンピュータに転送され、速度情報と支援情報が描画された。

速度情報はインストルメントパネル内に設置された液晶ディスプレイに、また支援情報はダッシュボード上中央に設置された液晶ディスプレイとフロントウインドウ下方に投影された HUD にそれぞれ表示された (図 5.13)。

実際の走行時に発生する振動や加減速変化を模擬するために、車両下部に電動 6 軸型動揺装置が設置された。

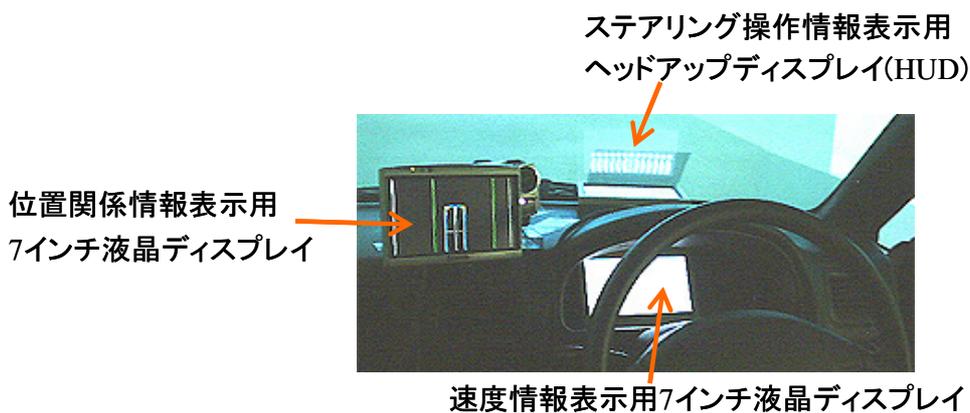


図 5.13 車内インパネ付近のディスプレイ配置

(2) 実験コース

より現実に即した運転状況で実験を行うため、図 5.14 に示すような細街路を走行中に狭路場面に遭遇する実験コースを設定した。狭路場面は電柱 8 本と駐車車両 2 台で構成され、被験者は電柱と駐車車両の間を走行した。

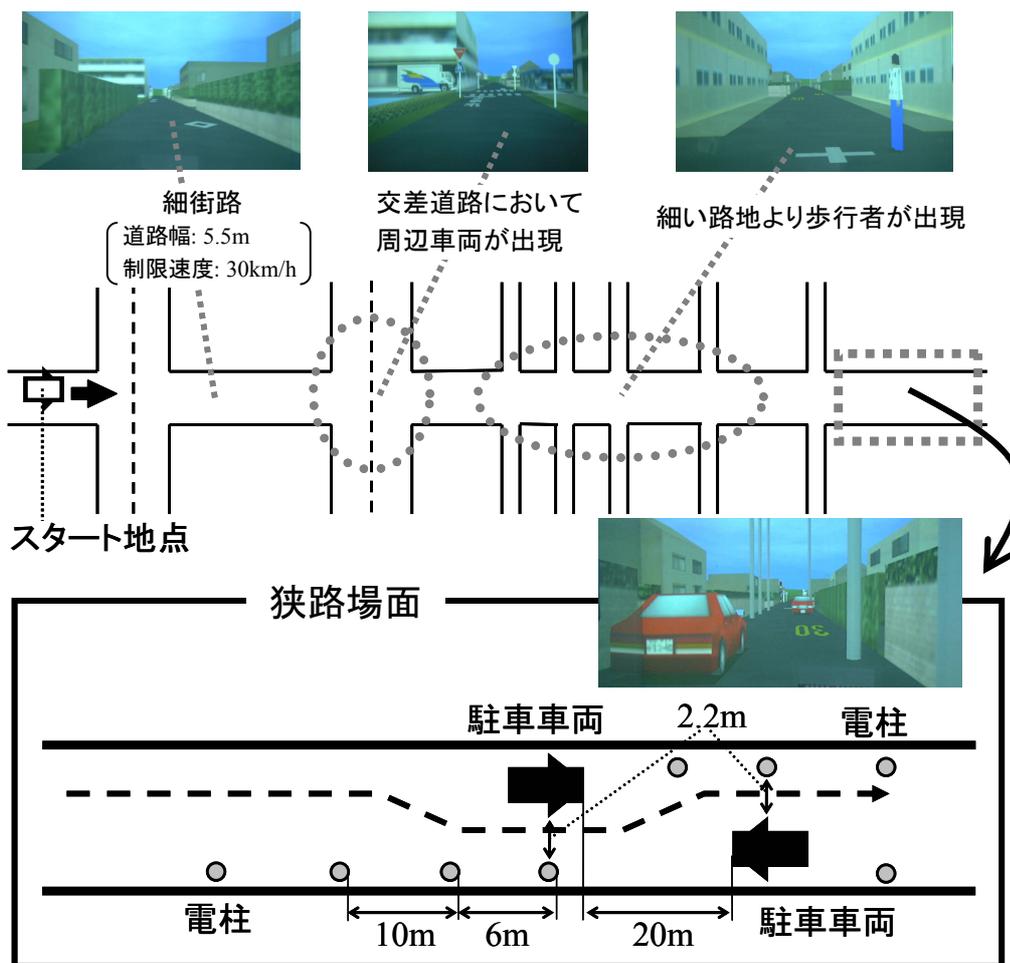


図 5.14 ドライビングシミュレータの細街路に構築した狭路コース

(3) インターフェース

前述した位置関係情報およびステアリング操作情報を以下に示す組み合わせで被験者に提示した。

インターフェース a : 位置関係情報のみを提示

インターフェース b : 位置関係情報とステアリング操作情報の両方を提示

また比較のために、情報提供なしでの走行も行った。

(4) 評価項目

1. 運転行動に関する評価

自車の速度データや座標データなどを 30Hz のサンプリングレートでホストコンピュータにおいて記録した。このデータを基に狭路走行速度と狭路走行軌跡を算出した。

2. 視認行動に関する評価

運転席ダッシュボード上に設置したデジタルビデオカメラで被験者の眼球付近の映像を記録した。実験終了後、1 秒 30 フレームの映像から視認行動を抽出し、位置関係情報及びステアリング操作情報に対する総視認時間、1 回当たりの視認時間と視認頻度を算出した。

3. 精神的作業負担に関する主観的評価

図 5.15 に示す狭路走行用に修正した Cooper & Harper の評定尺度[112][113]を用いて、狭路走行時における精神的作業負担を評価した。

また、各インターフェース使用時における精神的作業負担増減の要因を詳細に分析するため、図 5.16 に示すスケールに基づいて視覚に対する負担の程度と次の状態や次の動作の判断に関する負担(判断のしやすさ)の程度を評価した。

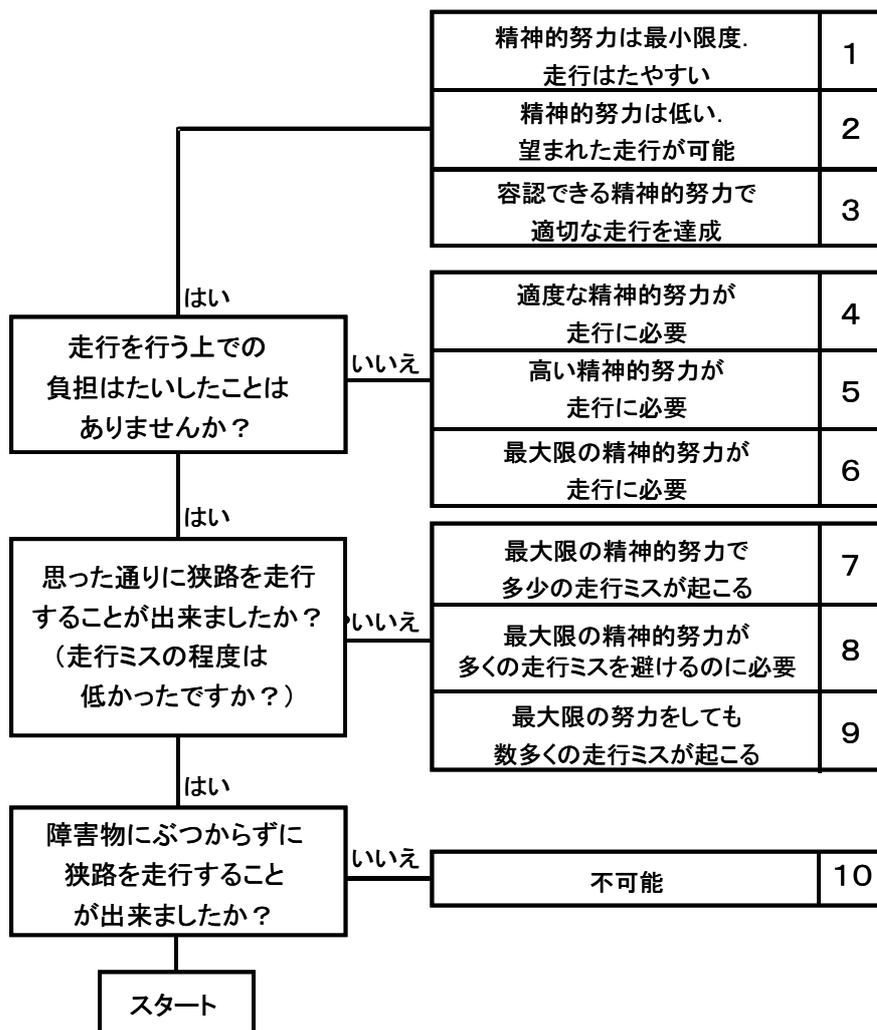
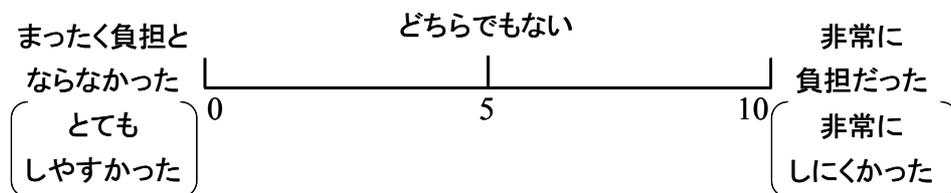


図 5.15 Cooper & Harper の評定尺度を用いた主観的評価



(a) 視覚に対する負担



(b) 判断に関する負担 (判断のしやすさ)

図 5.16 視覚に対する負担および判断に関する負担の主観的評価用スケール

4. 位置関係確認に対する有効性の主観的評価

安全に狭路を走行するために重要と思われる，障害物および推奨経路と自車の位置関係確認に各インターフェースが有効であったかを評価した．ここでは，図 5.17 のスケールに基づいて障害物と自車の位置関係確認における有効性と推奨経路と自車の位置関係確認における有効性を評価した．

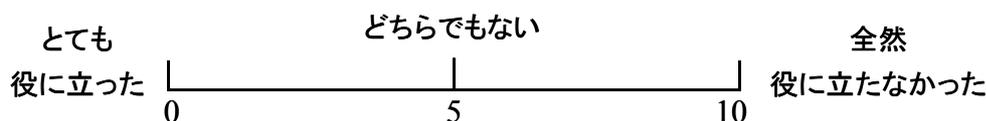


図 5.17 位置関係確認における有効性の主観的評価用スケール

(5) 実験手順

測定を開始する前に，ドライビングシミュレータの運転感覚，車幅感覚に慣れることを目的として，市街地道路と実験で使用する狭路に類似した狭路場面で練習走行を行った．実験では，若年被験者，高齢被験者とも情報提供なしの場合とインターフェース a，インターフェース b を使用した場合の計 3 回実験コースを走行し，各走行後に主観的評価を行った．

被験者には，任意の速度で普段通り走行し，絶対に障害物に衝突しないように指示した．各インターフェースの表示内容に関して走行前に十分説明し，支援情報の使用に当たって，運転支援システムの性格上，過度に依存しすぎるのではなく[114]，必要ときに情報を参照するように教示した．

若年被験者，高齢被験者の概要は以下の通りである．

若年被験者：男性 6 名．21 歳から 25 歳の平均年齢 23.5 歳．平均運転経験は 4 年であった．被験者全員，週に数回または月に数回定期的に運転しており，運転能力に特に問題はなかった．

高齢被験者：男性 6 名．65 歳から 69 歳の平均年齢 66.3 歳．平均運転経験は 29 年であった．被験者全員，週に数回定期的に運転しており，運転能力に特に問題はなかった．

(6) 実験結果および考察

1. 運転行動

図 5.18 に狭路走行時における平均走行速度及び平均走行時間の結果を示す．平均走行速度を従属変数とし，情報提供方法，年齢を独立変数とした 2 要因分散分析の結果，主効果及び交互作用ともに有意差は見られなかった．また，平均走行時間を従属変数とし同様の 2 要因分散分析を行ったが，主効果及び交互作用ともに有意差は見られなかった．

若年被験者では，情報提供なし，インターフェース a 使用時，インターフェース b 使用時の順に若干ではあるが平均走行速度が減少し，平均走行時間が増加する傾向が見られた．

高齢被験者では、平均走行速度は各実験条件に依らずほぼ一定となり、平均走行時間は若年被験者と同様、情報提供なし、インターフェース a 使用時、インターフェース b 使用時の順に若干増加する傾向が見られた。

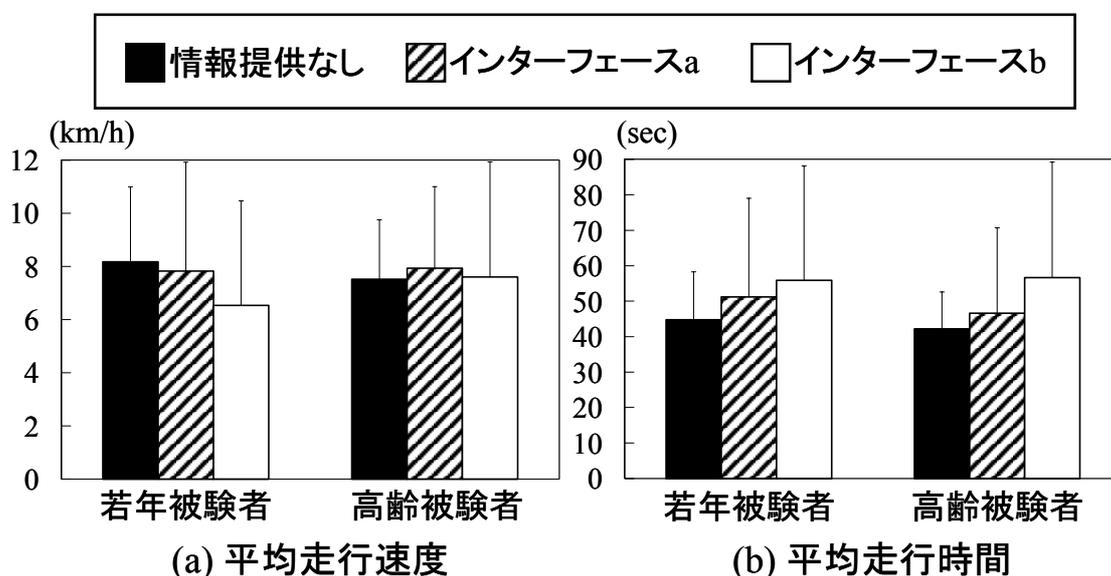


図 5.18 狭路走行速度および狭路走行時間の結果

図 5.19 及び図 5.20 に狭路走行軌跡に関して各実験条件での傾向が顕著に表れている若年被験者 1 名と高齢被験者 1 名の結果を示す。

若年被験者では、情報提供なしの場合、駐車車両 A 通過後早めに電柱 5 側へ自転車を寄せられず、駐車車両 B と電柱 6 間の通過が困難となる、もしくは駐車車両 B に衝突する傾向が見られた。インターフェース a を使用した場合、駐車車両 A 通過後推奨経路から若干外れるものの、情報提供なしの場合に比べて早めに電柱 5 側へ自転車を寄せる傾向が見られた。インターフェース b を使用した場合、駐車車両 A と電柱 4 間及び駐車車両 B と電柱 6 間への進入前に、推奨経路通り早めに電柱 3 側及び電柱 5 側へ寄り、真っ直ぐ進入する傾向が見られた。

高齢被験者では、情報提供なしの場合、駐車車両 A と電柱 4 間への進入時に駐車車両 A を回避する自転車制御開始タイミングが遅く、さらに右側へ寄り過ぎて電柱 4 をすれすれで通過、もしくは衝突する傾向が見られた。また、駐車車両 B と電柱 6 間への進入時に、若年被験者と同様早めに左側へ寄せられず、駐車車両 B の回避が困難となる傾向が見られた。インターフェース a を使用した場合、駐車車両 A と電柱 4 間への進入時に情報提供なしの場合に比べて早めに右側へ自転車を寄せているが、この場合も電柱 4 への過度の接近、もしくは衝突傾向が見られた。インターフェース b を使用した場合、推奨経路通り真っ直ぐに駐車車両 A と電柱 4 間及び駐車車両 B と電柱 6 間へ進入し、スムーズに狭路を通過する傾向が見られた。

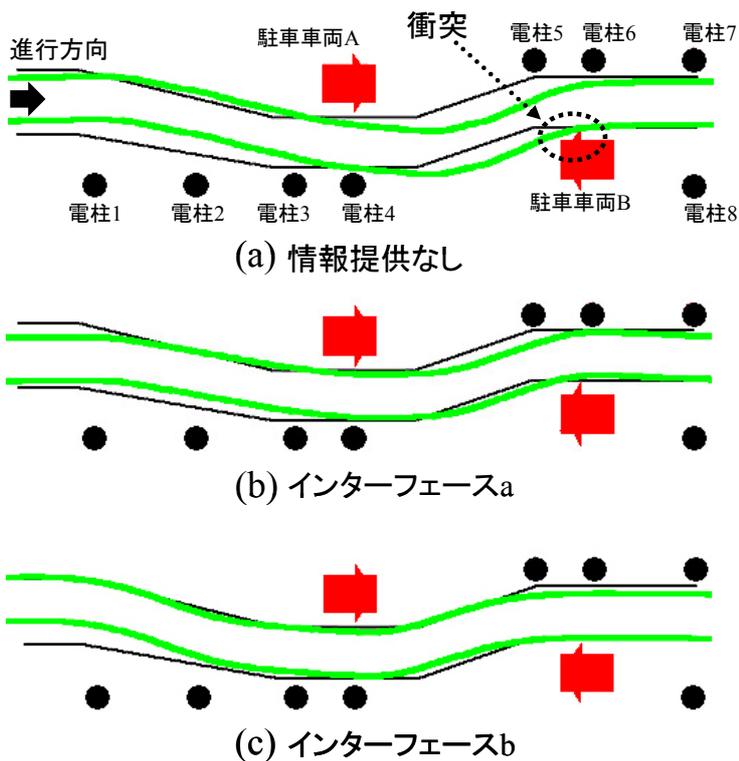


図 5.19 狭路走行軌跡の結果の一例：若年被験者

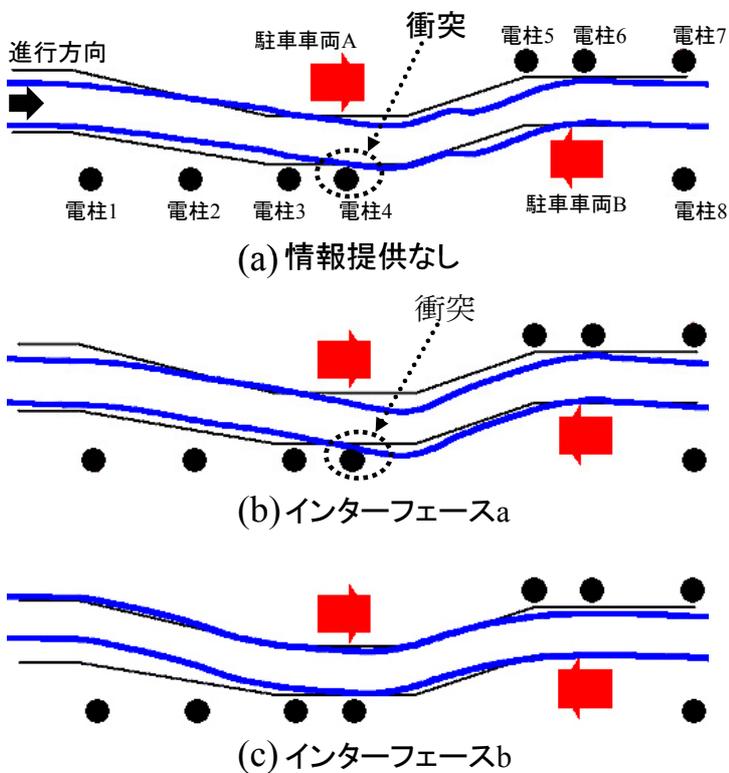


図 5.20 狭路走行軌跡の結果の一例：高齢被験者

表 5.1 に各実験条件において障害物に衝突した被験者数を示す。若年被験者では、情報提供を行うことによって被験者全員が衝突せずに狭路を通過できた。一方、高齢被験者では、インターフェース a を使用した場合、情報提供なしの場合に比べて障害物に衝突した被験者数は増加した。

表 5.1 障害物に衝突した被験者数

	若年被験者(人)	高齢被験者(人)
情報提供なし	2	1
インターフェースa (位置関係情報)	0	3
インターフェースb (位置関係情報+ステアリング操作情報)	0	0

以上のことから、若年被験者はインターフェース 1 及びインターフェース 2 を使用することで安全に、スムーズに狭路を走行できたが、高齢被験者にとって位置関係情報のみでは運転支援システムとして役に立たず、却って運転行動の妨害になったと推察される。

2. 視認行動

図 5.21 に総視認時間の平均及び 1 回あたりの視認時間の平均の結果を示す。位置関係情報に対する総視認時間、1 回あたりの視認時間をそれぞれ従属変数とし、インターフェース、年齢を独立変数とした 2 要因分散分析の結果、共に年齢による主効果のみ有意差が見られた(総視認時間を従属変数とした場合： $F=5.05$, $p<0.05$, 1 回あたりの視認時間を従属変数とした場合： $F=6.69$, $p<0.05$)。また、インターフェース 2 使用時の各視認対象(位置関係情報またはステアリング操作情報)への総視認時間、1 回あたりの視認時間をそれぞれ従属変数とし、視認対象、年齢を独立変数とした 2 要因分散分析の結果、1 回あたりの視認時間について視認対象と年齢の交互作用が有意であった($F=5.27$, $p<0.05$)。

若年被験者では、位置関係情報に対する総視認時間に関して、インターフェース a 使用時よりもインターフェース b 使用時の方が短い傾向が見られた。インターフェース b を使用した場合、位置関係情報に対する総視認時間よりもステアリング操作情報に対する総視認時間の方が短い傾向が見られた。また 1 回あたりの視認時間の結果も総視認時間の結果と同様の傾向が見られた。

高齢被験者では、位置関係情報に対する総視認時間及び 1 回あたりの視認時間はインターフェース a 使用時とインターフェース b 使用時でほとんど変わらなかった。インターフェース b を使用した場合、ステアリング操作情報に対する総視認時間は位置関係情報に対する総視認時間に比べて若干長く、またステアリング操作情報に対する 1 回あたりの視認時間は位置関係情報に対する 1 回あたりの視認時間に比べて長い傾向が見られた。

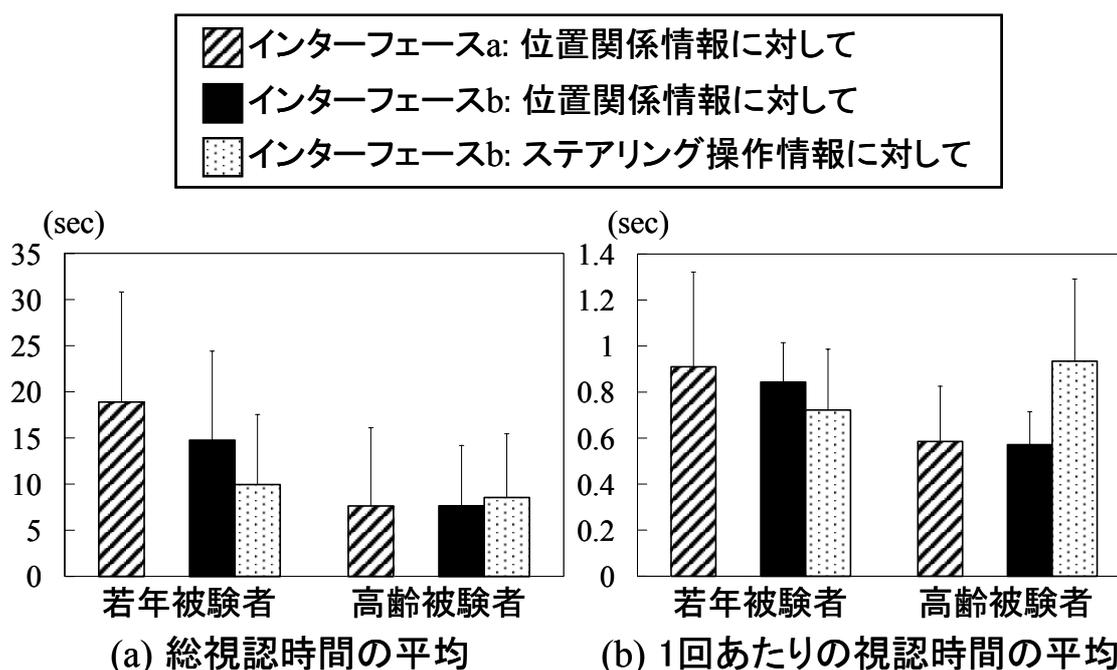


図 5.21 視認行動に関する結果

若年被験者と高齢被験者を比較すると、位置関係情報に対する総視認時間、1回あたりの視認時間は、若年被験者の方が高齢被験者よりも長かった。一方、ステアリング操作情報に対して、総視認時間は若年被験者と高齢被験者で同じ程度であり、1回あたりの視認時間は高齢被験者の方が若年被験者に比べて長い傾向が見られた。

視認頻度に関しては、位置関係情報に対する視認頻度及びステアリング操作情報に対する視認頻度とも、若年被験者の方が高齢被験者より高い結果となった。視認時間と同様の2要因分散分析の結果、位置関係情報への視認頻度に対して年齢の主効果が有意であり ($F=10.57, p<0.01$)、インターフェース2使用時の各視認対象への視認頻度に対して視認対象の主効果及び年齢の主効果が有意であった(視認対象： $F=5.82, p<0.05$ 、年齢： $F=5.54, p<0.05$)。

利用可能な情報量という観点から位置関係情報の方がステアリング操作情報よりも情報量は多いと思われる、狭路走行中において位置関係情報に対する視認時間の方がステアリング操作情報に対する視認時間よりも長くなると予想される。若年被験者の視認行動の結果はこの予想と一致したが、高齢被験者の場合は逆の結果となった。

一般に高齢ドライバーの視覚特性に関して、若年ドライバーに比べて周辺視野が狭くなり、焦点調節機能が低下するなど加齢による視覚機能の衰えが報告されている [115][116][117]。このような視覚機能の変化により、高齢被験者は位置関係情報に注視を向けている際に前方状況をほとんど知覚できず、また、前方と位置関係情報間における注視点の移動の際に焦点調節に時間を要することから、位置関係情報に対する長い注視や頻繁な注視点の移動を行えなかったと考えられる。狭路走行軌跡の結果を考慮すると、高齢被

験者はあまり長く注視できなかつた位置関係情報の情報内容を十分に理解し、安全な狭路走行に役立てられなかつたと推察される。一方、ステアリング操作情報は HUD という前方により近い位置に提示され、HUD に注視を向けている際にはある程度前方状況を知覚できたと考えられる[118]。また HUD の表示内容は目標に制御対象を合わせるといった単純なものであった。そのため、加齢による視覚機能の変化が見られる高齢被験者でも、狭路走行中に情報内容を利用できる程度の時間、ステアリング操作情報を注視できたと考えられる。また視認行動の結果から、高齢被験者は位置関係情報よりもステアリング操作情報をより積極的に利用しようとする姿勢であったと考えられる。

3. 主観的評価

図 5.22 に Cooper & Harper の評定尺度を用いた精神的作業負担の主観的評価の結果を示す。表 5.2 に、Cooper & Harper の評定尺度の主観的評点を従属変数とし、情報提供方法、年齢を独立変数とした 2 要因分散分析の結果を示す。分散分析の結果、情報提供方法の主効果及び情報提供方法と年齢の交互作用が有意であった。

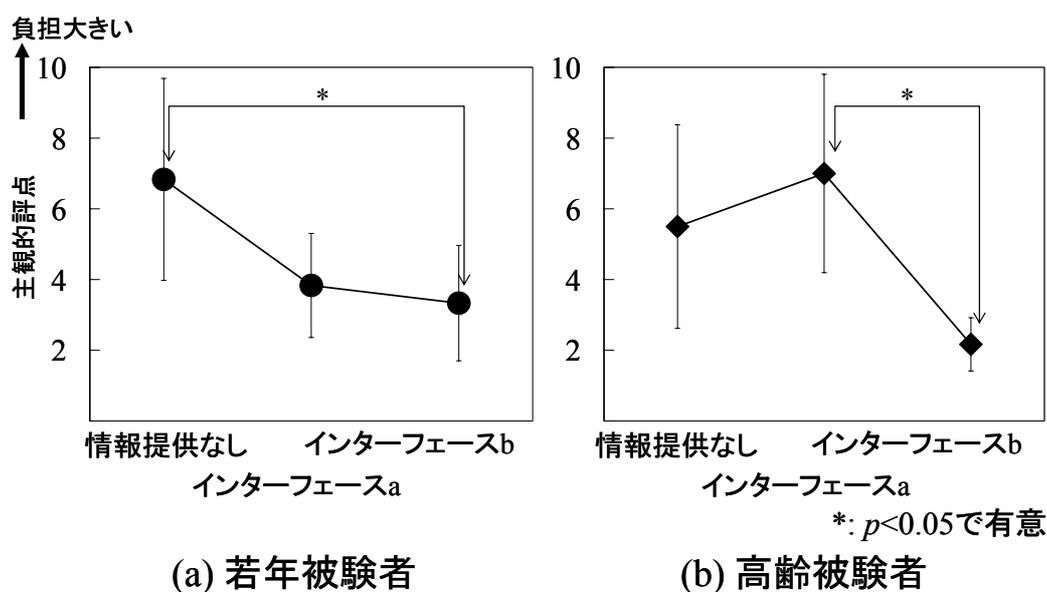


図 5.22 Cooper & Harper の評定尺度を用いた精神的作業負担の主観的評価の結果 (*は多重比較の結果)

表 5.2 Cooper & Harper の評定尺度による主観的評価の分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
情報提供方法(a)	2	77.389	38.694	7.02**
年齢(b)	1	0.444	0.444	0.08
a×b	2	39.056	19.528	3.54*
誤差	30	165.333	5.511	

** : $p < 0.01$ で有意 * : $p < 0.05$ で有意

若年被験者では、インターフェース a 使用時及びインターフェース b 使用時の方が情報提供なしの場合よりも精神的作業負担は小さかった。一方、高齢被験者では、インターフェース a を使用した場合、情報提供なしの場合に比べて精神的作業負担は大きく、インターフェース b を使用した場合、情報提供なし、インターフェース a 使用時に比べて小さい結果となった。

図 5.23 に視覚に対する負担及び判断に関する負担(判断のしやすさ)の主観的評価の結果を示す。視覚に対する負担の主観的評点を従属変数とし、インターフェース、年齢を独立変数とした 2 要因分散分析の結果、インターフェースの主効果のみ有意差が見られた ($F=4.91, p<0.05$)。また、判断に関する負担の主観的評点について同様に 2 要因分散分析を行った結果、主効果及び交互作用ともに有意差は見られなかった。

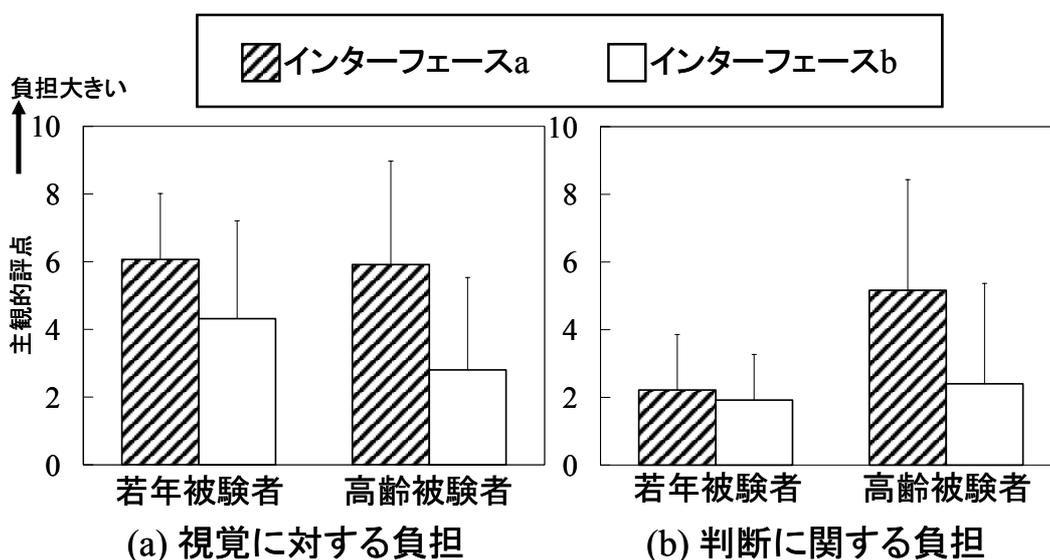


図 5.23 視覚に対する負担および判断に関する負担の主観的評価の結果

視覚に対する負担に関して、若年被験者、高齢被験者ともインターフェース b 使用時の方がインターフェース a 使用時よりも負担が小さいことから、ステアリング操作情報を提示することにより視覚に対する負担が減少したことが分かる。

次の状態や次の動作の判断に関する負担について、若年被験者では両インターフェース使用時とも負担は小さいが、インターフェース b 使用時の方がインターフェース a 使用時よりも若干判断がしやすい傾向が見られた。高齢被験者では、インターフェース b 使用時の方がインターフェース a 使用時よりも有意差は無いものの ($t=2.57, p=0.067$) 判断がしやすい傾向が見られた。

若年被験者では、狭路走行中に車載ディスプレイに表示された自転車、障害物と推奨経路の位置関係情報を利用することで次の状態及び操作方法の判断の一助となり、インターフェース a を使用した場合の精神的作業負担は、情報提供なしの場合に比べて減少したと考えられる。インターフェース b を使用した場合、推奨経路通りに走行するための推奨ステ

アリング操作量が提示されるため、位置関係情報のみの場合に比べてより判断がしやすくなり、車載ディスプレイに対する視認時間が減少したように視覚に対する負担も減少したことから、Cooper & Harper の評定尺度による精神的作業負担も情報提供なしの場合に比べて有意に減少した。

高齢被験者では、インターフェース a を使用した場合の判断のしやすさはどちらともいえない程度であり、狭路走行軌跡や視認行動の結果も考慮すると、位置関係情報のみでは狭路走行中にその情報内容を支援情報として十分に利用できなかったと考えられる。そのため、位置関係情報に注意を向けながらの狭路走行において、前方と車載ディスプレイ間の注視点の移動に伴う負担や車載ディスプレイを注視している際に前方状況を把握できない不安感などから、情報提供なしの場合に比べて精神的作業負担は増加したと推察される。インターフェース b を使用した場合、判断に関する負担の減少及び狭路走行軌跡や視認行動の結果から、ステアリング操作情報の付加により狭路走行中、支援情報として利用可能であったと考えられる。支援情報を利用することで、狭路走行時の精神的作業負担は減少し、スムーズに狭路を走行できたことから、インターフェース b は高齢ドライバーにとって狭路走行支援システムとしての効果があったと考えられる。

図 5.24 に障害物と自車の位置関係確認における有効性及び推奨経路と自車の位置関係確認における有効性の主観的評価の結果を示す。表 5.3 に、障害物と自車の位置関係確認における有効性の主観的評点を従属変数とし、インターフェース、年齢を独立変数とした 2 要因分散分析の結果を示す。分散分析の結果、年齢の主効果のみ有意差が見られた。また表 5.4 に、推奨経路と自車の位置関係確認における有効性の主観的評点に対して同様に行った 2 要因分散分析の結果を示す。その結果、インターフェースの主効果及び年齢の主効果が有意であった。

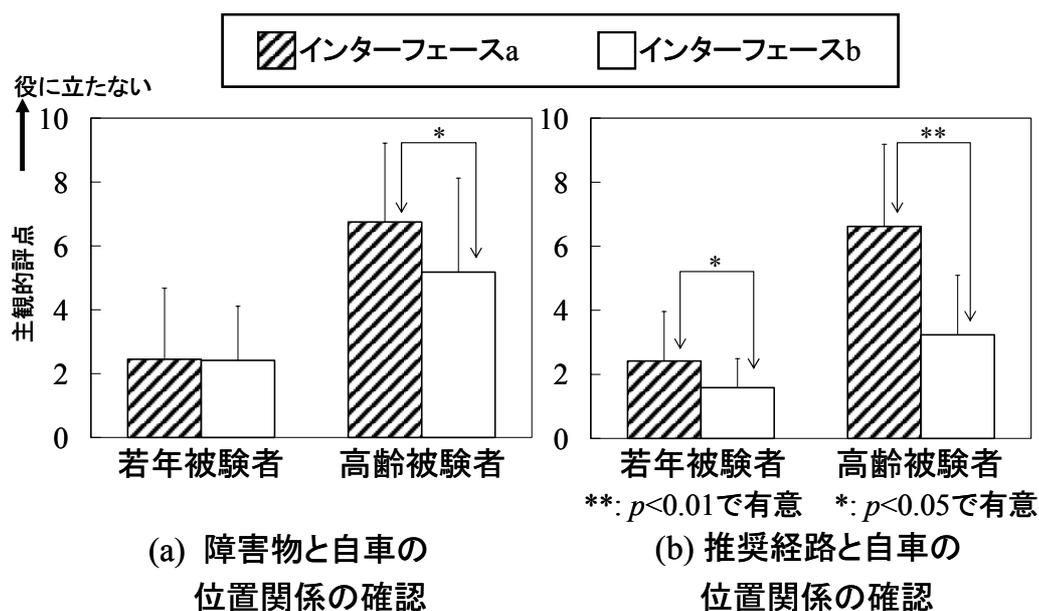


図 5.24 位置関係確認における有効性の主観的評価の結果 (*は t 検定の結果)

表 5.3 障害物と自車の位置関係確認における有効性の主観的評点の分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
インターフェース(a)	1	3.84	3.84	0.66
年齢(b)	1	74.907	74.907	12.93**
a×b	1	3.527	3.527	0.61
誤差	20	115.867	5.793	

**: $p<0.01$ で有意

表 5.4 推奨経路と自車の位置関係確認における有効性の主観的評点の分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
インターフェース(a)	1	26.67	26.67	7.95*
年齢(b)	1	51.334	51.334	15.3**
a×b	1	9.754	9.754	2.91
誤差	20	67.098	3.355	

**: $p<0.01$ で有意 *: $p<0.05$ で有意

障害物と自車の位置関係の確認に関して、若年被験者ではインターフェース a、インターフェース bとも役に立ったが、高齢被験者では、インターフェース aはあまり役に立たず、インターフェース bはインターフェース aよりは役に立ったがどちらともいえない程度であった。また、高齢被験者にとってインターフェース aは推奨経路と自車の位置関係の確認にもあまり役に立たなかった。障害物および推奨経路と自車の位置関係確認における有効性の主観的評価の結果から、狭路走行軌跡、視認行動や精神的作業負担の主観的評価の結果による検討と同様、高齢被験者は狭路走行中に車載ディスプレイに表示された自車、障害物と推奨経路の位置関係情報を十分利用できなかったと考えられる。

推奨経路と自車の位置関係の確認に関して、若年被験者、高齢被験者とも、インターフェース bの方がインターフェース aよりも有意に役に立ったことから、ステアリング操作情報を付加することで推奨経路と自車の位置関係をより確認しやすくなったと考えられる。

(7) 情報処理リソースの観点による考察

ユーザビリティ評価実験より、車載ディスプレイに表示された位置関係情報のみを用いて狭路を走行した場合、若年ドライバーはその支援情報を利用して情報提供なしの場合よりもスムーズな狭路走行が可能であったが、高齢ドライバーはその支援情報を十分に利用できず、かえって運転行動の妨げとなることが明らかとなった。一方、位置関係情報に加えて HUD に推奨経路通りに走行するためのステアリング操作情報を提示することで、高

齢ドライバーも運転支援システムとして利用できることが示唆された。ステアリング操作情報を付加することで、判断に関する負担が軽減し、障害物と自車の位置関係および推奨経路と自車の位置関係をより確認しやすくなるという結果から、位置関係情報に加えてステアリング操作情報を提示することでドライバー認知プロセスの判断・予測過程における負担軽減につながったと示唆される。

また若年ドライバーと高齢ドライバーを情報処理リソースの観点から比較すると、一般に加齢による情報処理能力の衰えが指摘されており[65][66][119]、若年ドライバーの方が高齢ドライバーに比べて情報処理リソースは大きいと考えられる。本実験結果から、情報提供なしで狭路を走行した場合の運転行動に関する結果に若年被験者と高齢被験者間で大きな違いは見られなかったことから、狭路走行時における運転作業の占有容量は若年ドライバーと高齢ドライバーで同程度（もしくは運転経験の長い分、高齢ドライバーの方が若干小さい）と思われる。そのため、狭路走行時の若年ドライバー及び高齢ドライバーの情報処理リソースに対する占有容量は図5.25のように考えられる。

若年ドライバーは情報処理リソースがより大きいので、運転作業にある程度、情報処理リソースが使われても位置関係情報を利用できるほど余裕がある。しかし、高齢ドライバーは情報処理リソースがより小さいため、情報処理リソースの大部分が運転作業に使われ、車載ディスプレイから情報を認識し、認識した情報から操作量を判断する、また認識した情報を走行環境へ投影し位置関係の変化を予測するという複雑な処理を行えるほど余裕がないと考えられる。一方、位置関係情報に加えてステアリング操作情報を提示した場合は、ステアリング操作情報によりドライバー認知プロセスの判断・予測過程が効率化したと推測され、情報処理リソースの余裕容量が少ない高齢ドライバーも狭路走行中に支援情報を利用できたと考えられる。

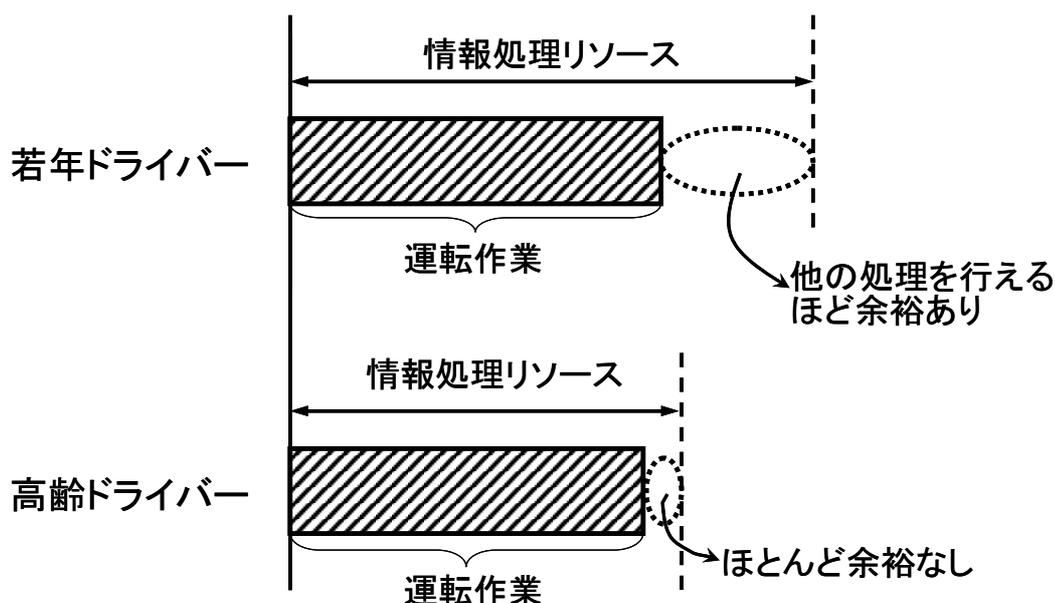


図 5.25 若年ドライバーと高齢ドライバーの情報処理リソースの比較

5.2.5 狭路走行支援システムの高齢化対応インターフェースのまとめ

ドライバー認知プロセスをベースとして、認知・判断過程に係わる負担を軽減するための新しい情報提示を検討し、ユーザビリティ評価を行うことで、提案するインターフェースの高齢ドライバーに対する有効性を評価した。これまでの流れをまとめると図 5.26 のように示される。

狭路走行支援システムを題材とした本研究より、ドライバー認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法により、加齢による認知・判断機能の変化が懸念される高齢ドライバーにとってもユーザビリティの高いインターフェースを検討できると示唆される。

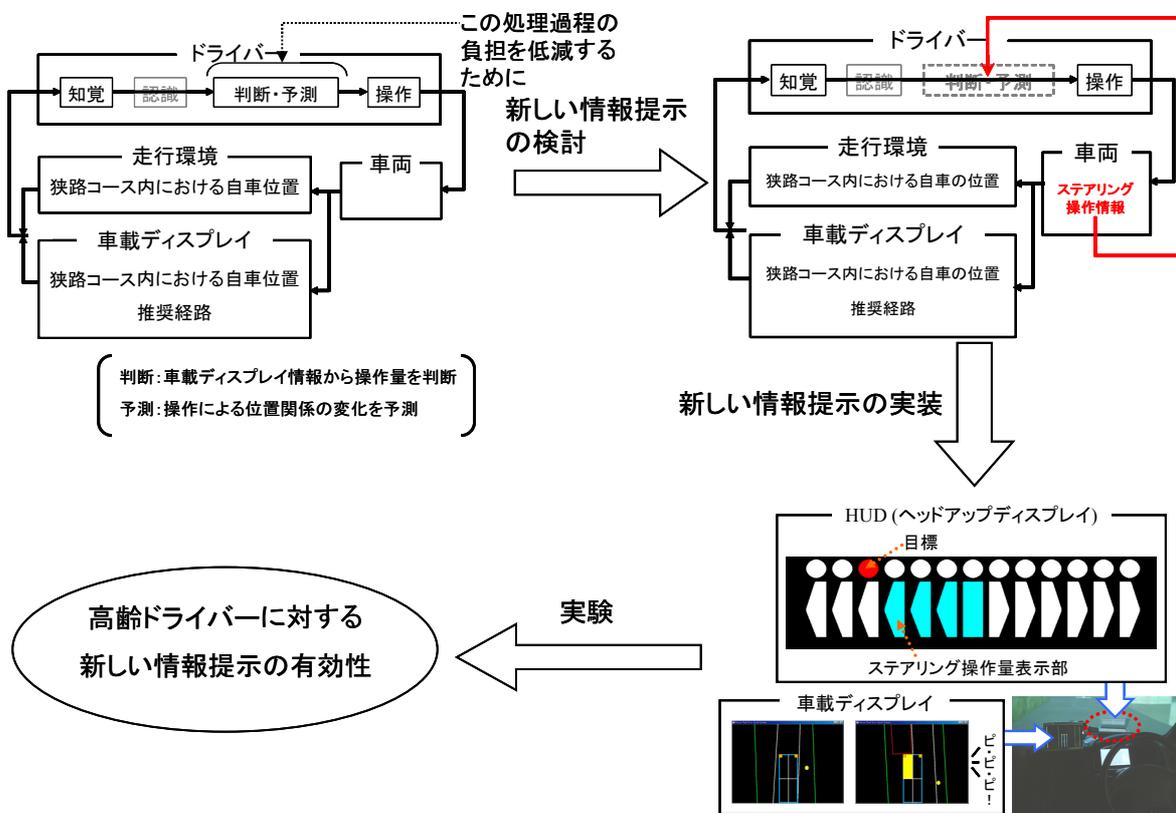


図 5.26 ドライバーの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討

5.3 車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応性の検討

本節では、ITSアプリケーションが使用日数の観点からのドライバー習熟適応性に及ぼす影響の基礎的検討として、運転中にドライバーとITS間において操作によるインタラクションが行われる車載ナビゲーションシステム（本章では「車載ナビ」と略す。）を取り上げる。（狭路走行支援システムなど運転支援システムに対する習熟適応性に関して、運転支援システムに対して習熟するほどその運転状況を何度も経験すると、運転操作自体に習熟していき運転支援システムを運転中に利用する必要がなくなる可能性が考えられる。つまり、運転支援システムに対する習熟適応性よりも運転自体への習熟適応性が大きい可能性が考えられる。そのため、本研究では、運転操作とは直接関係のない(運転に慣れてきたから操作しなくなるというものではない)車載ナビの操作に対するドライバー習熟適応性に注目する。)

車載ナビは近年急速に普及しており、またその機能も、運転時のリアルタイムな交通渋滞情報の表示、レストラン情報の提供など多機能化が進んでいる。このような車載ナビを介した多種多様な情報提供により、運転時におけるドライバーの利便性向上が期待される一方で、ドライバーの主作業はあくまで運転作業であるため、走行中の車載ナビ操作による安全性低下が懸念される。特に車載ナビ使用開始時における車載ナビ操作の未習熟状態においては、運転行動への悪影響や運転時のドライバー負担の増大が予想される。また車載ナビ操作に習熟することで、運転行動と車載ナビ操作を両立できるのか、また安全性向上に寄与できるのかはほとんど明らかになっていない。

車載ナビ操作未習熟による運転行動への悪影響を軽減するためには、適切な操作方法を速やかに取得可能（習熟促進性）なインターフェース要件を検討する必要がある。そのためには、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性を評価するために有効な指標を検討し、車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応過程を把握することが重要である。車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性の研究フローを図5.27に示す。

ここでは、はじめに、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性評価指標を検討する。続いて、車載ナビのインターフェースに関する習熟促進要件として、車載ナビメニューの1画面に表示するボタン数とある機能を達成するメニュー階層数に焦点を当て、車載ナビのメニュー階層構造がドライバー習熟適応性へ及ぼす影響を年齢による比較も含めて検討する。

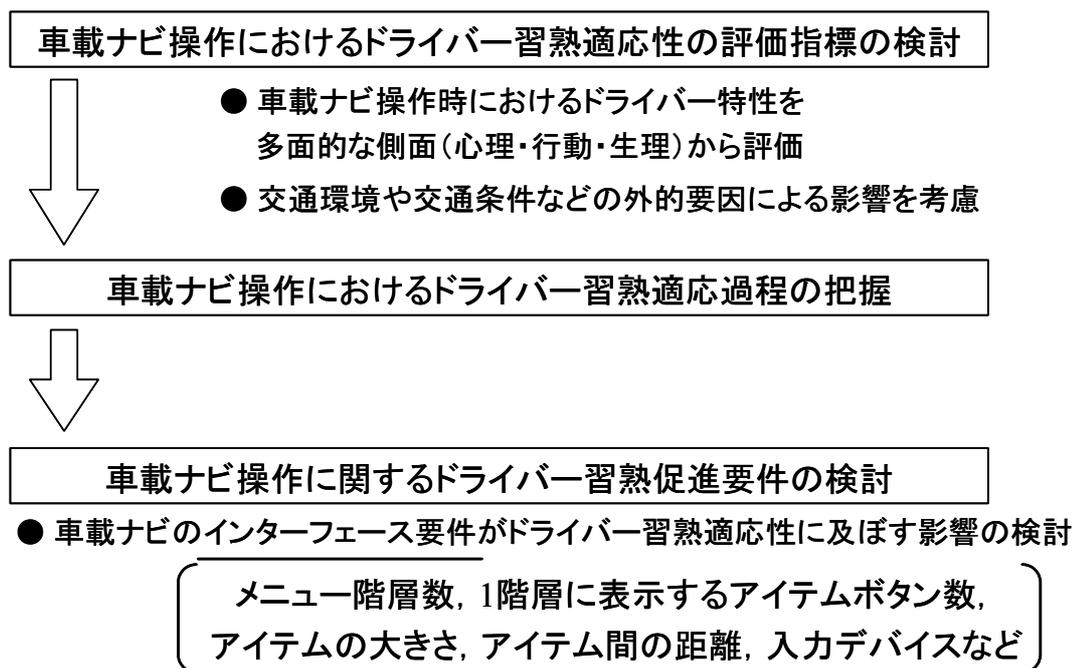


図 5.27 車載ナビ操作のドライバー習熟適応性に関する研究フロー

5.3.1 ドライバー習熟適応性の評価指標

車載ナビ操作のドライバー習熟適応性を評価するために有効な指標を抽出する上で、車載ナビ操作時におけるドライバー特性を心理・行動・生理の3側面から評価することが必要である[123]。また、交通環境や交通条件などの外的要因が車載ナビ操作時に及ぼす影響を考慮することも必要である。

はじめに、車載ナビの入力デバイスによるドライバー習熟適応性の評価指標およびドライバー習熟適応過程の特徴を明らかにすることを目的として、車載ナビ操作の習熟適応過程における様々な評価指標の変化を分析する。ここでは、車載ナビ操作の入力デバイスとしてタッチパネルとジョイスティック付リモートコントローラ（以後、「リモコン」と略す。）を使用し、DSを用いた反復実験を行う。

続いて、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性の評価において、交通環境の影響を考慮できる評価指標を明らかにするため、実車を用いた反復実験を行い、車載ナビ操作のドライバー習熟適応過程における様々な評価指標の変化をドライビングシミュレータ実験結果と比較・分析する。

(1) ドライビングシミュレータ(DS)実験による評価指標の検討

1. 実験方法

1-1 実験装置

図 5.28 に本実験で使用したドライビングシミュレータ (以降, 「DS」と略す.) を示す. DS の基本構成は, 狭路走行支援システムのユーザビリティ評価実験で用いたものと同様であり, 車両 1 台分, ホストコンピュータ, イメージジェネレータ, 液晶プロジェクタ, 150 インチスクリーン 5 面および電動 6 軸型動揺装置などから構成された. ドライバーは実車と同様にステアリング, アクセルペダル, ブレーキペダルを操作した. ドライバーの視認行動を計測するため, ダッシュボード上にデジタルビデオカメラが設置された.

図 5.29 に本実験で使用した車載ナビを示す. タッチパネル機能付 8 インチ・ワイド型モニターおよびジョイスティック付リモコンが備わっており, 液晶モニターはダッシュボード上中央に, リモコンは液晶モニター右下方に設置された.

計測対象となる市街地道路は, 片側 1 車線の直線道路部を使用し, 交差点での停止や右左折は行わないものとした (図 5.30). 対向車線には一定の速度で走行する対向車が存在し, 自車前方には 40km/h で走行する 1 台の先行車が実験条件に応じて存在した.

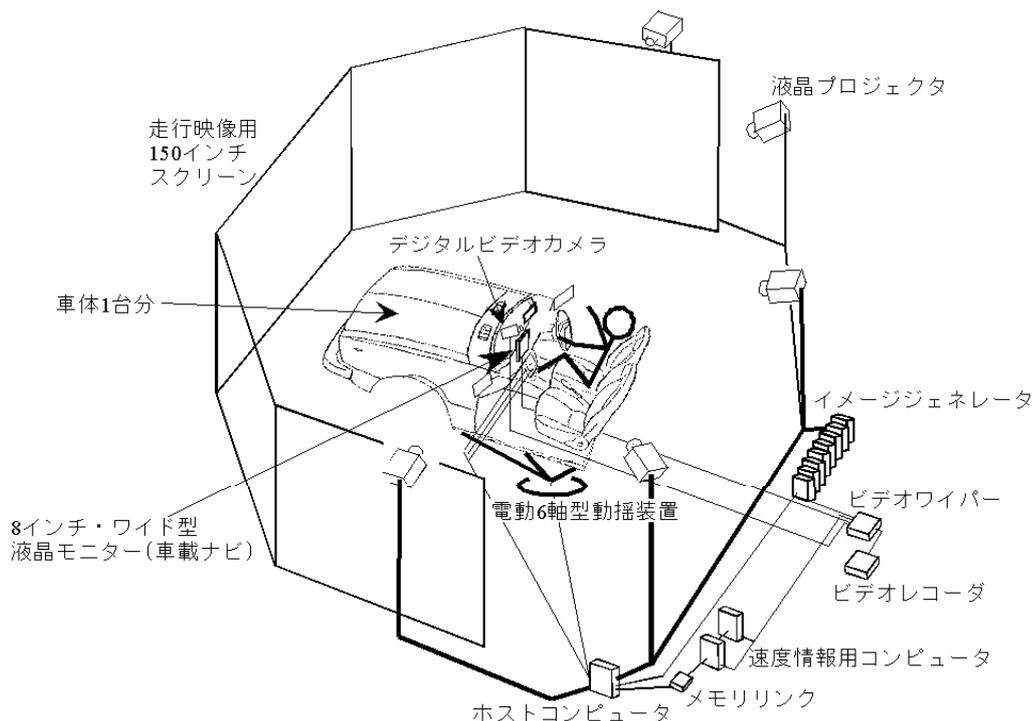


図 5.28 実験で使用した DS の概略図



図 5.29 実験で使用した車載ナビ



図 5.30 計測対象となる市街地道路の映像例

1-2 操作タスク

難易度の異なる3種類の操作タスクA~Cを設定し、各操作タスクにおいてタッチパネルまたはリモコンどちらか一方の入力デバイスを使用した。操作タスクAは道路名称表示のON/OFF設定、操作タスクBは電話番号入力、操作タスクCは最寄の施設（東京都庁）検索であり、操作回数は、操作タスクAは5回、操作タスクBは13回、操作タスクCは11回であった。表5.5~5.7に各操作タスクの概要を示す。操作タスクBの電話番号入力操作に関して、リモコン使用時はテンキーで操作した。操作タスクCは被験者の入力に対してシステム応答時間を伴う操作タスクであった。

車載情報機器の安全性ガイドライン[32][33]によると、走行中の操作が認められているものは操作タスクAのみであった。しかし、DSを用いた実験ではドライバーの安全上問題ないこと、また操作タスクの作業負荷の大きさによるドライバー習熟適応性の特徴を検討するため、操作タスクB、Cも含めることとした。

表 5.5 操作タスク A の内容

	Touch panel	Remote controller
Step1	Touch [Menu] on the display	Press [Menu] key on the remote controller
Step2	Touch [Function] on the display	Select [Function] menu item (using a joystick)
Step3	Touch [Street names (ON/OFF)] on the display	Select [Street names (ON/OFF)] menu item (using a joystick)
Step4	Touch [OK] on the display	Select [OK] menu item (using a joystick)
Step5	Touch [Current location] on the display	Press [Current location] key on the remote controller

表 5.6 操作タスク B の内容

	Touch panel	Remote controller
Step1	Touch [Menu] on the display	Press [Menu] key on the remote controller
Step2	Touch [Telephone] on the display	Select [Telephone] menu item (using a joystick)
Step3-12	Input a telephone number	Input a telephone number (using a keypad)
Step13	Touch [Current location] on the display	Press [Current location] key on the remote controller

表 5.7 操作タスク C の内容

	Touch panel	Remote controller
Step1	Touch [Menu] on the display	Press [Menu] key on the remote controller
Step2	Touch [Search-Nearest] on the display	Select [Search-Nearest] menu item (using a joystick)
Step3-4	Touch [>] on the display (for pages scroll)	Select [>] on the display (using a joystick)
Step5	Touch [Facilities] on the display	Select [Facilities] menu item (using a joystick)
System search time		
Step6-7	Touch [>] on the display (for pages scroll)	Select [>] on the display (using a joystick)
Step8	Touch [Tokyo Metropolitan Government] on the display	Select [Tokyo Metropolitan Government] menu item (using a joystick)
Step9	Touch [Search] on the display	Select [Search] menu item (using a joystick)
Step10	Touch [Place-Save] on the display	Select [Place-Save] menu item (using a joystick)
Step11	Touch [Current location] on the display	Press [Current location] key on the remote controller

1-3 評価指標

車載ナビ操作のドライバー習熟適応性を評価するため、以下に示す客観的指標および主観的指標を用いた。

i 視認行動

- 総視認時間
- 1 回当たりの平均視認時間
- 平均視認頻度

デジタルビデオカメラにより記録された眼球付近の映像から 1 秒 30 フレームで視認行動を抽出した。視認行動は、被験者の眼球が車外方向から液晶モニターまたはリモコンへ向けられた時点を視認開始とし、液晶モニターまたはリモコンを視認し終えて再び眼球が車外方向に戻った時点を視認終了とした（図 5.31 参照）[124]。

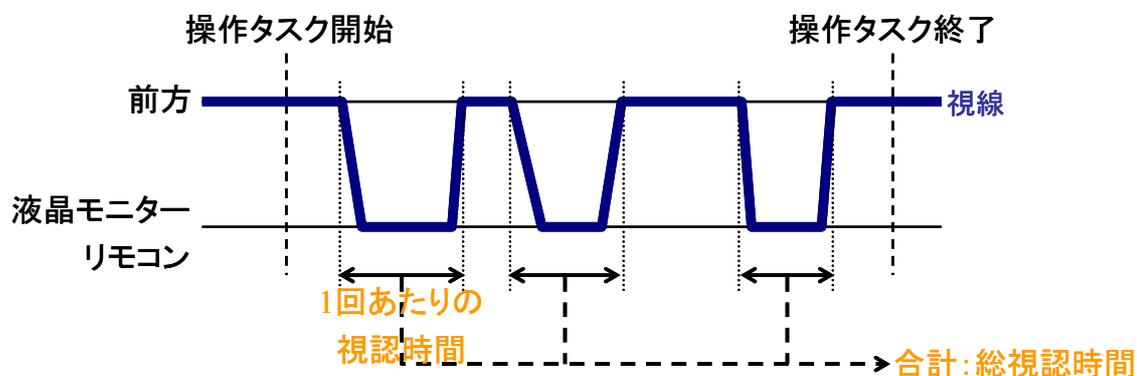


図 5.31 視認行動に関する定義

ii 車載ナビ操作行動

- 操作タスクの所要時間
- 操作間隔時間の分散

操作タスクの所要時間に関して、操作タスクの開始は被験者がステアリングから左手を離した時点とし、操作タスクの終了は車載ナビ操作後ステアリングに左手を戻した時点とした。

操作間隔時間の分散に関して、車載ナビ操作に慣れる前は、あるメニュー画面から次のメニュー画面に移る操作間隔にばらつきが見られるが、車載ナビ操作に慣れることで、メニュー画面でどのように操作するのかどのボタンを操作するのかに関する判断時間が減少し、操作間隔が一定となってくる（一定のテンポでメニュー画面のボタンを操作できるようになる）と予想される（図 5.32 参照）[125]。

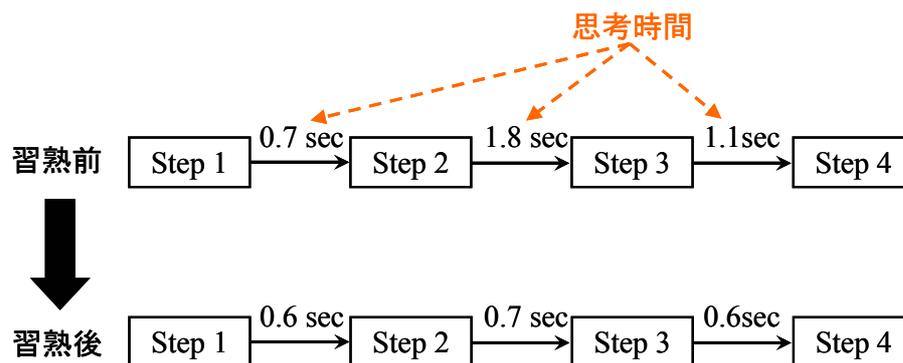


図 5.32 車載ナビ操作への習熟による操作間隔時間の分散の減少（仮説）

iii 運転行動

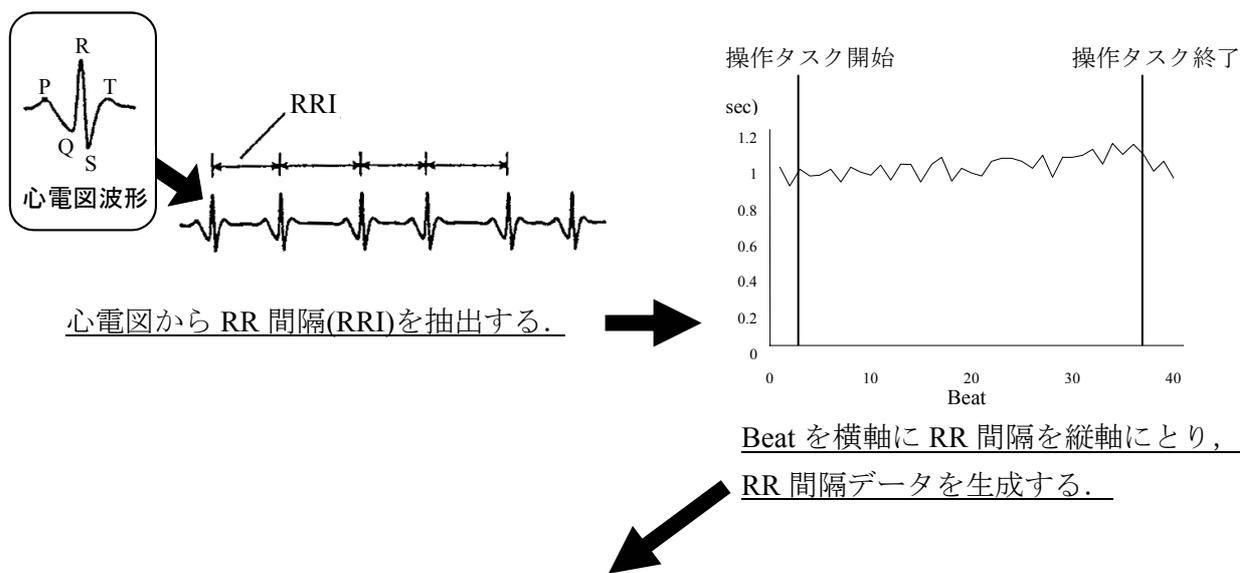
- ステアリングエントロピー法
- 自車速度
- 車両横変位量の標準偏差

ホストコンピュータで自車速度，ドライバーのステアリング操作角度や自車両の座標位置を計測した．これらのデータを用いて，ステアリングエントロピー法[126][127]による車載ナビ操作時におけるステアリング操作の滑らかさの評価や，車両横変位量の標準偏差から車載ナビ操作時における車両のふらつき度の評価を行った．

iv 生体指標

車載ナビ操作時のドライバー負担を評価するための生体反応の計測として，心電図と指尖脈波を計測した．心電図から，図 5.33 に示すように RR 間隔を抽出し，操作タスク実行中における RR 間隔の変動係数を求めた．RR 間隔の変動係数は，ドライバーの高負担状態や緊張状態により値が減少する傾向がある．

計測した指尖脈波データから，指尖脈波のゆらぎを視覚的に把握するため，図 5.34 に示すように 2 次元リターンマップを描いた．このリターンマップの形状の分類指標として，モーメントと稠密度を算出した[128][129]．ドライバーがやや緊張した状態では，稠密度はあまり低下せず，モーメントの値のみが低下する傾向がある．非常に緊張した状態では，モーメントと稠密度の両方の値が低下する傾向がある．



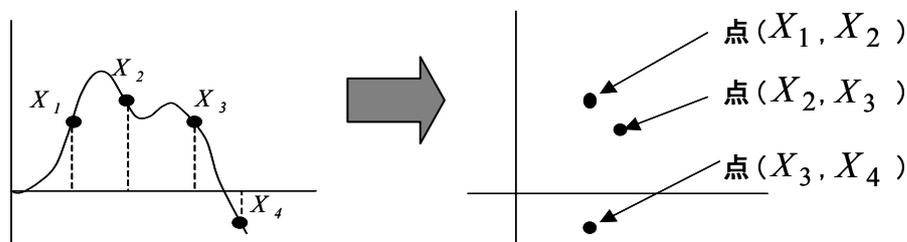
$$CV(\text{Coefficient of variation}) = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Mean}} \times 100(\%)$$

Mean: 操作タスク実行中の RR 間隔データの平均

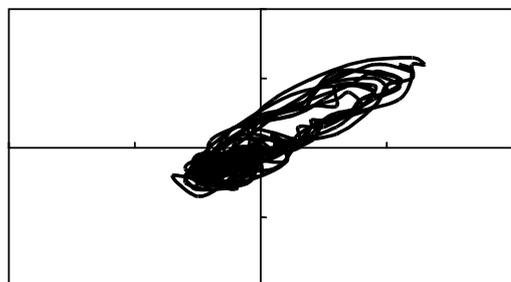
Standard Deviation: 操作タスク実行中の RR 間隔データの標準偏差

生成した RR 間隔データから変動係数(CV)を算出する.

図 5.33 心電図から RR 間隔の変動係数の算出過程



指先脈波データからリターンマップへの変換



指先脈波のリターンマップの例

$$\text{Moment} = \frac{\sum_{i=1}^n \{(X_i - X_G)^2 + (Y_i - Y_G)^2\}}{n}$$

n = 観測データ数
G = 重心

$$\text{Density} = \frac{\text{Moment}}{L_{\max}^2}$$

L_{\max}^2 = 重心点から最遠点にあるデータの距離

図 5.34 指先脈波からモーメント, 稠密度の算出

v 主観的評価

- Revision of NASA-TLX
- Cooper & Harper の評定尺度
- 車載ナビ操作の主観的習熟度

操作タスク時における精神的作業負担を計測するため、Revision of NASA-TLX [130]および Cooper & Harper の評定尺度[112][113]を用いた。Revision of NASA-TLX は NASA-TLX [131]を車載ナビ操作の評価用に改良したもので、図 5.35 に示す 6 つの評価項目を用いて車載ナビ操作時における精神的作業負担を評価する。

精神的緊張	カーナビを操作しながら安全に運転操作を行うために必要な精神的緊張の度合い
視覚	カーナビを操作しながら安全に運転操作を行うために必要な視覚に関する負担の度合い
聴覚	カーナビを操作しながら安全に運転操作を行うために必要な聴覚に関する負担の度合い
時間的制約	カーナビを操作しながら安全に運転操作を行う際に受けた時間的制約(圧迫)の度合い
運転	カーナビを操作しながら安全に運転操作を行う際の運転に関する負担の度合い
情報理解	運転操作を行いながらカーナビから呈示される情報を正しく理解する負担の度合い

図 5.35 RNASA-TLX における 6 つの評価項目

Cooper & Harper の評定尺度は、図 5.36 に示すように車載ナビ操作用に修正したものを
用いた。

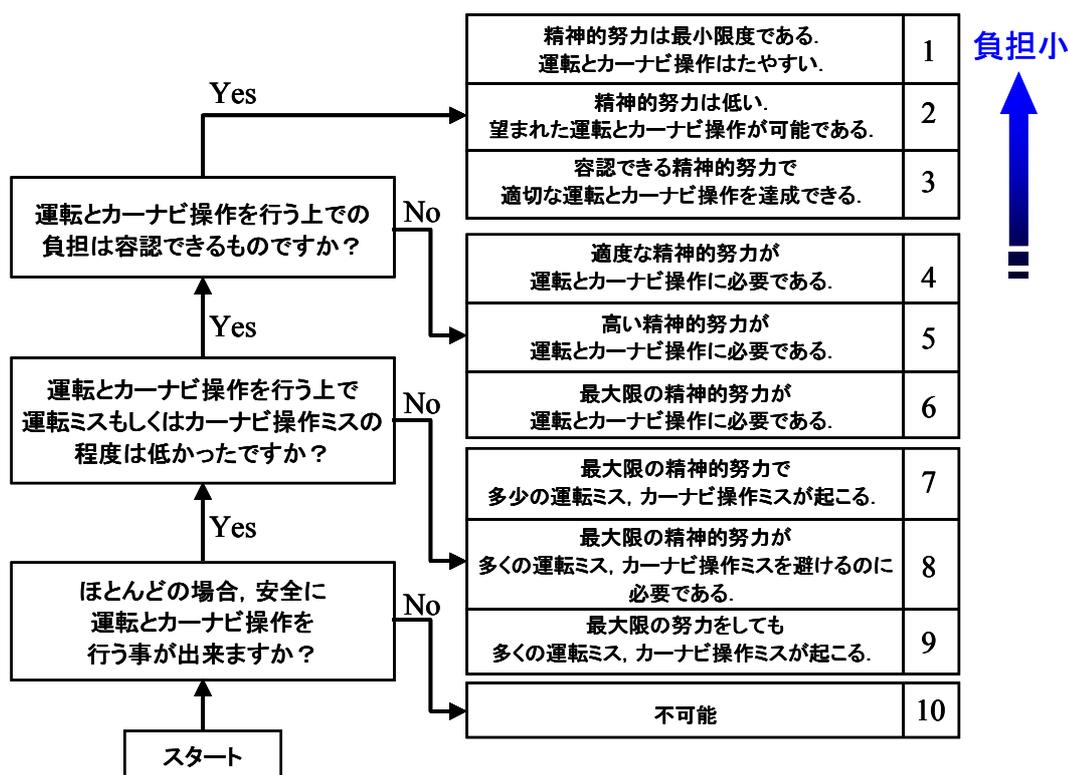


図 5.36 本実験で用いた Cooper & Harper の評定尺度

また図 5.37 のスケールを用いて車載ナビ操作の主観的な習熟度に関して評価した。

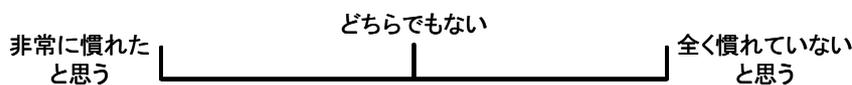


図 5.37 車載ナビ操作における主観的習熟度の評価スケール

1-4 被験者

被験者は男性 8 名（年齢：20 歳～25 歳）で、週に 1～5 回程度と日常的な運転経験があり、車載ナビ使用経験は無い者とした。表 5.8 に示すように 4 つの実験条件に対してそれぞれ 2 名ずつの被験者を割り当てた。

表 5.8 実験条件に応じた被験者の割り当て

交通環境	入力デバイス	被験者数
先行車あり	タッチパネル	2名
先行車あり	リモコン	2名
先行車なし	タッチパネル	2名
先行車なし	リモコン	2名

1-5 実験手順

各被験者とも操作タスク A, 操作タスク B, 操作タスク C を 1 セットとして合計 12 セットの実験を行った。実験期間は, 1 日に 1 セット~4 セットの実験を行い, 計 6 日間であった。

実験手順は, 実験前に DS 上での運転に慣れることを目的として数回の練習走行を行った。実験では, 始めに操作タスクを行わない状態で運転走行を行った。次に, 停車した状態で操作タスク A を行い, 操作タスク終了後, 停止時での操作タスク A に関する主観的評価を行った。続いて, 運転した状態で操作タスク A を行い, 走行後, 走行時における操作タスク A に関して主観的評価を行った。以後, 同様に操作タスク B, 操作タスク C を行った (図 5.38)。操作タスクの開始は, 停止または運転した場合とも, 実験者が被験者に口頭で合図した。

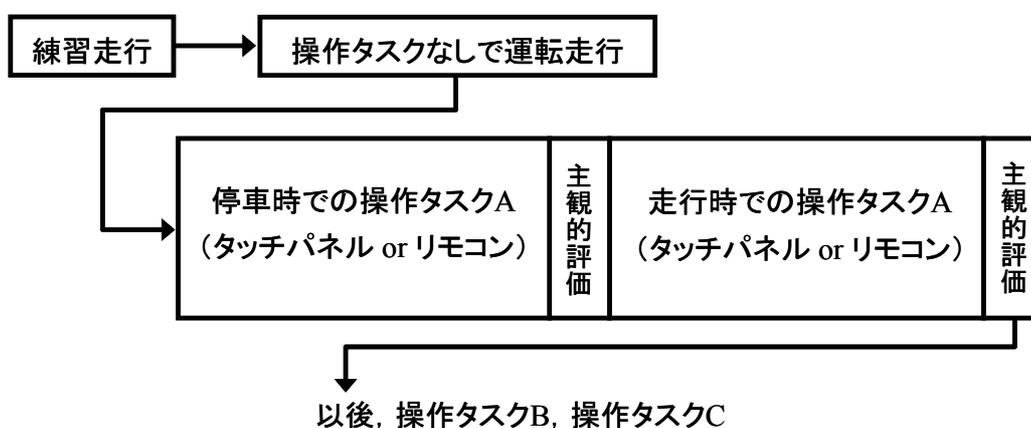


図 5.38 実験手順の概要

(2) DS 実験の結果および考察

1. 視認行動

図 5.39 に液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果を示す。操作タスクによって総視認時間は異なり, 操作タスク A→操作タスク B→操作タスク C と難易度が増加するにつれ総視認時間も増加傾向を示した。実験回数の増加に伴う傾向は各操作タスクとも共通で, 実験回数の増加に伴い総視認時間は減少する傾向が見られた。各操作タスクにおいて, 実験回数 7 回目まで総視認時間は減少し, 実験回数 8 回目以降ほぼ一定となる傾向が見られた。

交通環境による違いに関して, 実験回数初期 (実験回数 1 回目~4 回目) では, 操作タスク A でのタッチパネル使用時など先行車ありの方が先行車なしに比べて総視認時間は短い傾向が見られたが, 実験回数後期 (実験回数 9 回目~12 回目) では先行車あり, なしによる差はほとんど見られなかった。

入力デバイスによる違いに関して, 操作タスク A, 操作タスク C での実験回数初期にお

いて、リモコン使用時の方がタッチパネル使用時に比べて総視認時間は長い傾向を示した。一方、実験回数後期では、リモコン使用時とタッチパネル使用時で総視認時間にほとんど差は見られなかった。操作タスク B での実験回数初期において、リモコン使用時とタッチパネル使用時で総視認時間はほとんど変わらなかったが、実験回数後期では、リモコン使用時の方がタッチパネル使用時に比べて総視認時間は短い傾向が見られた。

図 5.40 に液晶モニターおよびリモコンに対する 1 回当たりの平均視認時間の結果を示す。1 回当たりの平均視認時間は、操作タスクによらず約 0.5sec~2.5sec であった。リモコン使用時の先行車なしの場合に、実験回数初期の方が実験回数後期に比べて 1 回当たりの平均視認時間が長かったものの、総視認時間の結果とは異なり、全体的に実験回数の増加に伴う減少傾向は見られず、1 回当たりの平均視認時間は全実験回数を通じてほぼ一定もしくはランダムに変動する傾向が見られた。

リモコン使用時において、実験回数初期では先行車ありの方が先行車なしに比べて 1 回当たりの平均視認時間は短い傾向が見られたが、実験回数後期では先行車あり、なしによる差はほとんど見られなかった。全実験回数を通じて、タッチパネル使用時の方がリモコン使用時に比べて 1 回当たりの平均視認時間は長い傾向が見られた。

総視認時間の結果と比較すると、実験回数初期での総視認時間が長い場合でも 1 回当たりの平均視認時間は短かった。これは、結果的に総視認時間が長くなるような車載ディスプレイへの長い注視が必要な操作タスクであっても、1 回当たりの視認時間はそれほど長くならず、被験者は視認回数を増やすことで対処していたと考えられる。

1 回当たりの平均視認時間の結果と同様に、平均視認頻度の結果に関して、実験回数の増加に伴う値の変動に傾向は見られなかった。操作タスクによらず、平均視認頻度は全実験回数を通じておよそ 0.2~0.8 でランダムに変動し、実験条件（先行車の有無/タッチパネルもしくはリモコン）間の特徴も見られなかった。

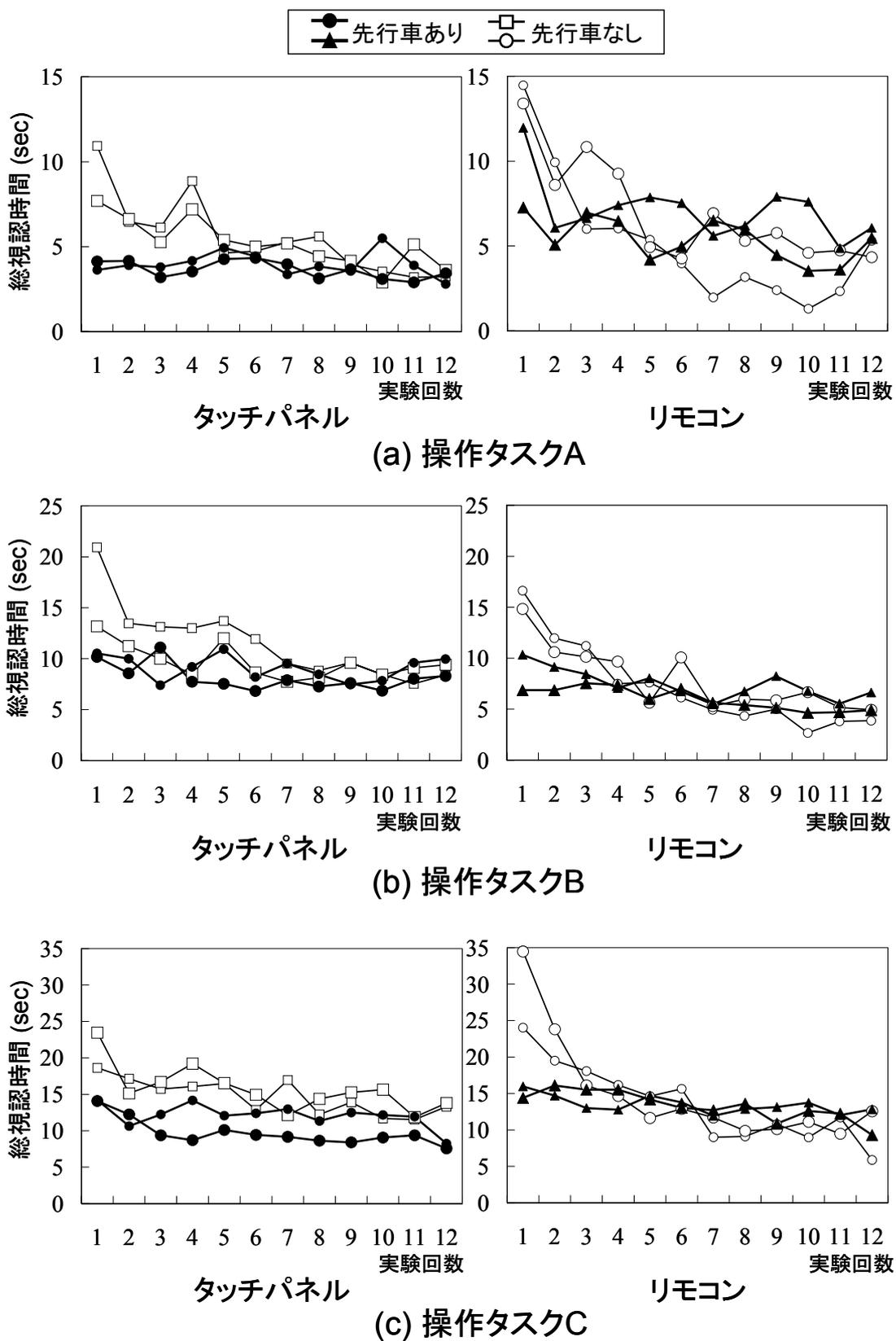


図 5.39 液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果

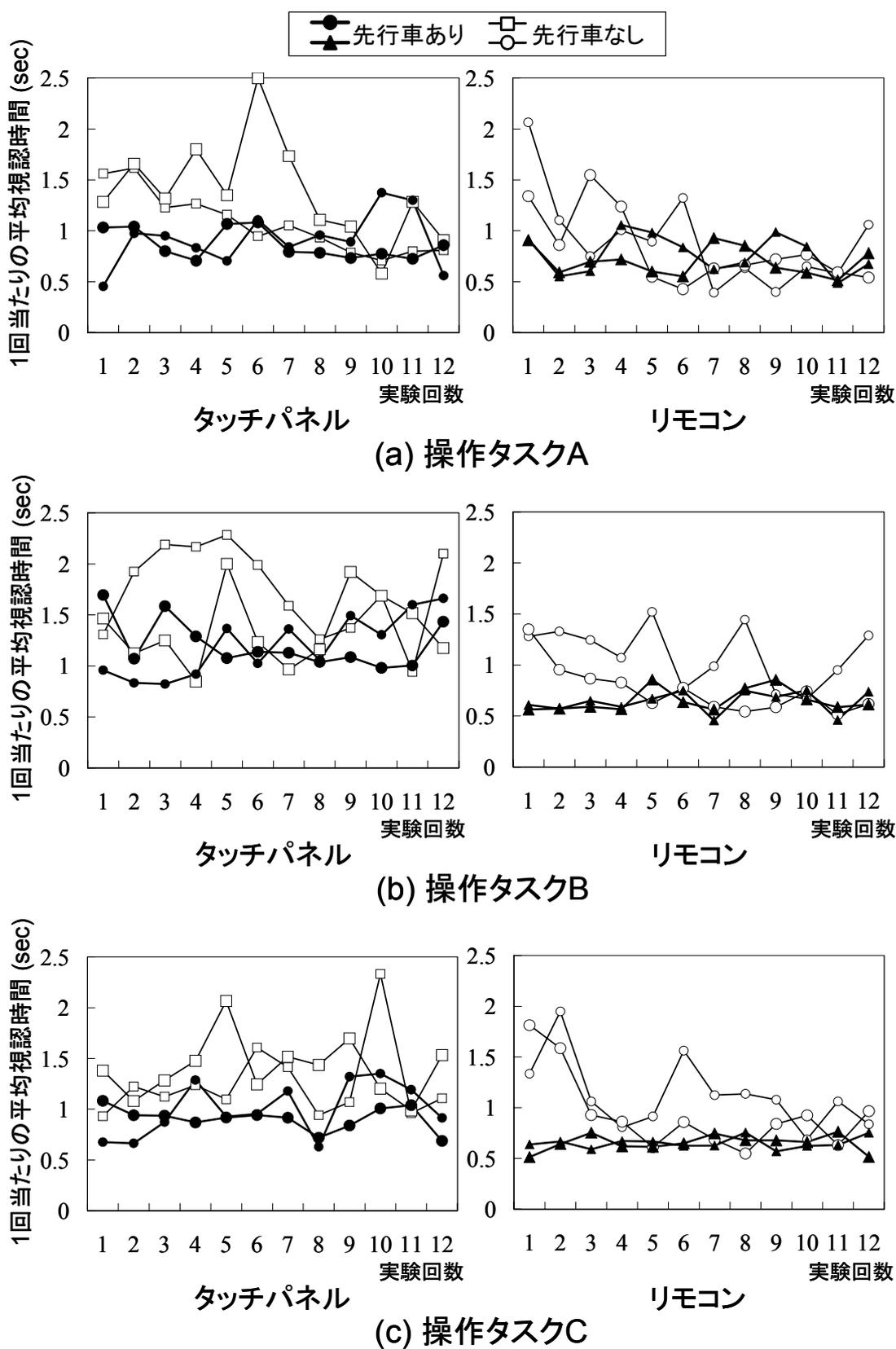


図 5.40 液晶モニターおよびリモコンに対する 1 回当たりの平均視認時間の結果

2. 車載ナビ操作行動

図 5.41 に走行時における操作タスクの所要時間の結果を示す。総視認時間の結果と同様に、操作タスクによって所要時間は異なり、操作タスク A→操作タスク B→操作タスク C と難易度が増加するにつれ所要時間も増加傾向を示した。また各操作タスクで、実験回数の増加に伴い所要時間は減少する傾向が見られた。操作タスク A の減少傾向は操作タスク B の減少傾向よりも若干早い傾向が見られた。操作タスク A では、実験回数約 5 回目まで所要時間が減少し、実験回数約 6 回目以降一定となる傾向を示し、一方、操作タスク B では、実験回数約 7 回目まで所要時間が減少し、実験回数約 8 回目以降一定となる傾向を示した。操作タスク C は操作タスク A および操作タスク B とは異なった減少傾向を示した。

交通環境による違いに関して、先行車あり、なしによる違いはほとんど見られなかった。入力デバイスによる違いに関して、どの操作タスクにおいても、実験回数初期ではリモコン使用時の方がタッチパネル使用時よりも所要時間は長かったが、実験回数後期ではリモコン使用時とタッチパネル使用時の所要時間の差が小さくなる傾向が見られた。

総視認時間、走行時における操作タスクの所要時間の結果と同様、停止時における操作タスクの所要時間の結果に関して、操作タスクの難易度に応じて所要時間が増加する傾向が見られた。停止時における所要時間は走行時における所要時間に比べて 5sec 程度短く、実験回数の増加に伴う減少傾向も早い傾向が見られた。操作タスク B に関して、タッチパネル使用時は、全実験回数を通じて停止時における所要時間はほぼ一定であった。一方、リモコン使用時は、実験回数約 3 回目まで所要時間が減少し、実験回数約 4 回目以降ほぼ一定となる傾向が見られた。

停止時における所要時間、走行時における所要時間とも、タッチパネル使用時の方がリモコン使用時よりも全体的に短い傾向が見られた。同じ操作タスクであっても、タッチパネルでは 1 階層で 1 つのボタンを指でタッチすればよいが、リモコンでは 1 階層でそのボタンを押すためにジョイスティックを使ったカーソル移動が必要であった。タッチパネルとリモコンで、各操作タスクで階層数は等しかったが、操作要素は異なっていたためと考えられる。

図 5.42 に操作間隔時間の分散の結果を示す。操作タスク A と操作タスク B では実験条件によらず似た傾向を示した。操作間隔時間の分散は、突発的な値の増加が見られたものの、全実験回数を通じてほぼ一定であった。操作タスク C では、全実験回数を通じて操作間隔時間の分散が他の操作タスクに比べて大きかったが、これはシステム応答時間があつたためと考えられる。操作タスク C の操作間隔時間の分散に関しても、操作タスク A、操作タスク B と同様に実験回数によらず突発的に値が増加する場面が見られた。このような突発的な変化は、停車時における操作間隔時間の分散の結果では見られなかった。

車載ナビ操作の習熟が進むにつれ、操作の効率化によりほぼ一定の間隔で操作を行うようになるため、実験回数の増加に伴い、操作間隔時間の分散は減少する[125]と予想される。

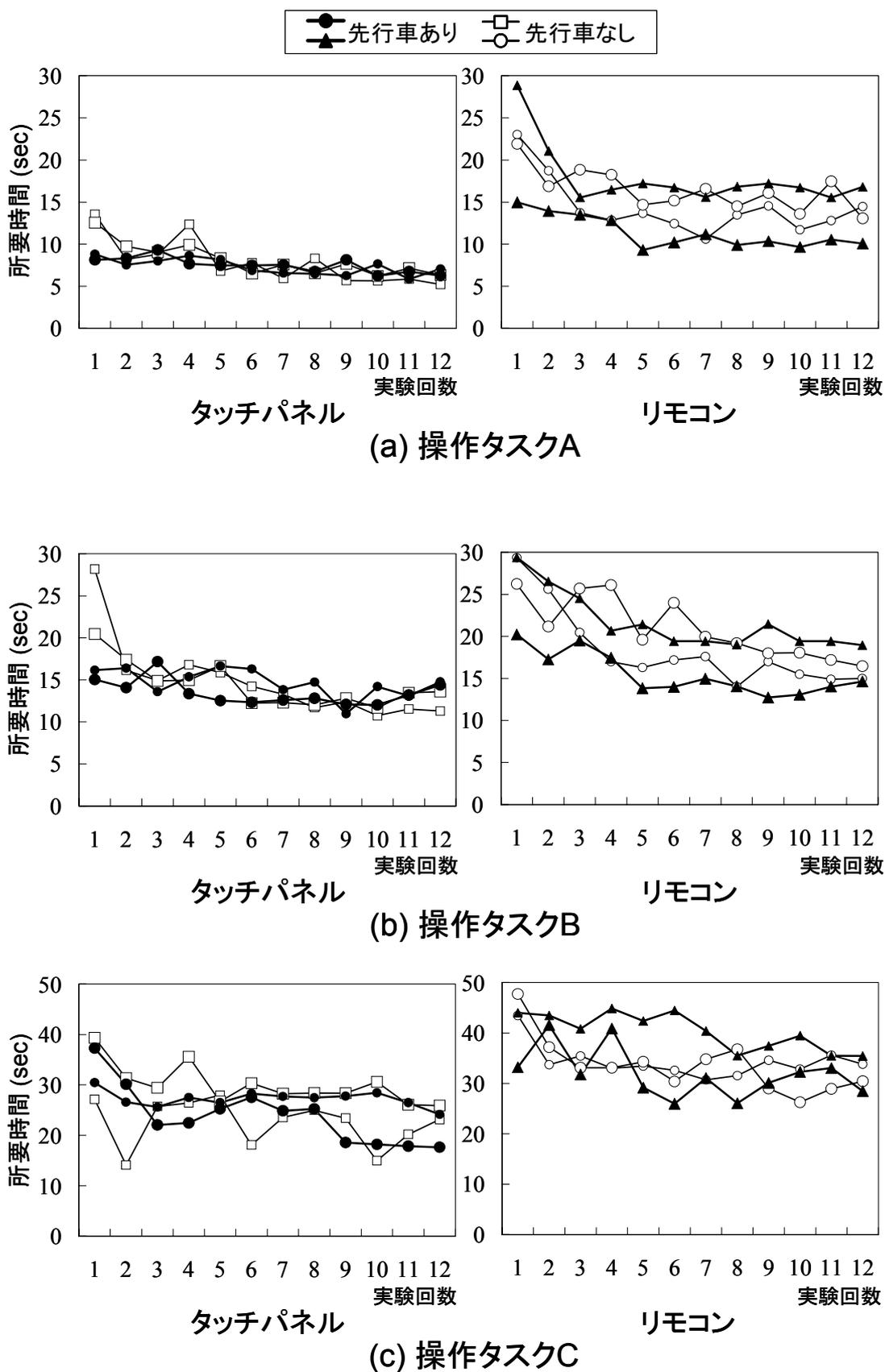


図 5.41 走行時における操作タスクの所要時間の結果

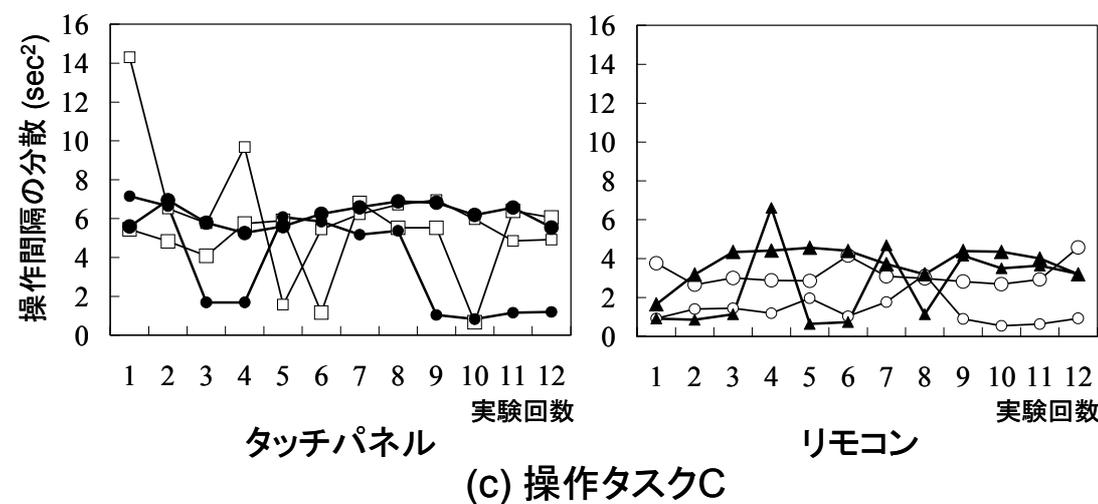
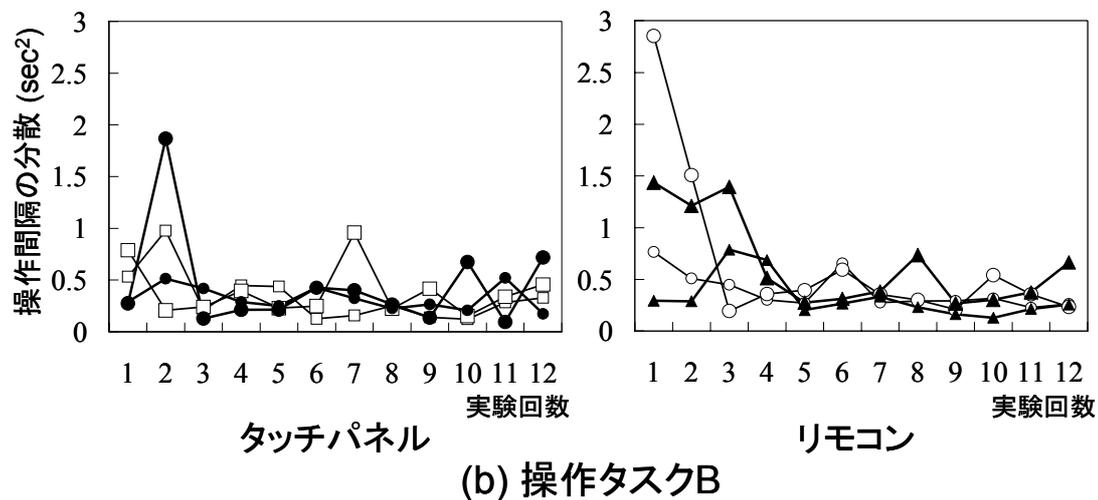
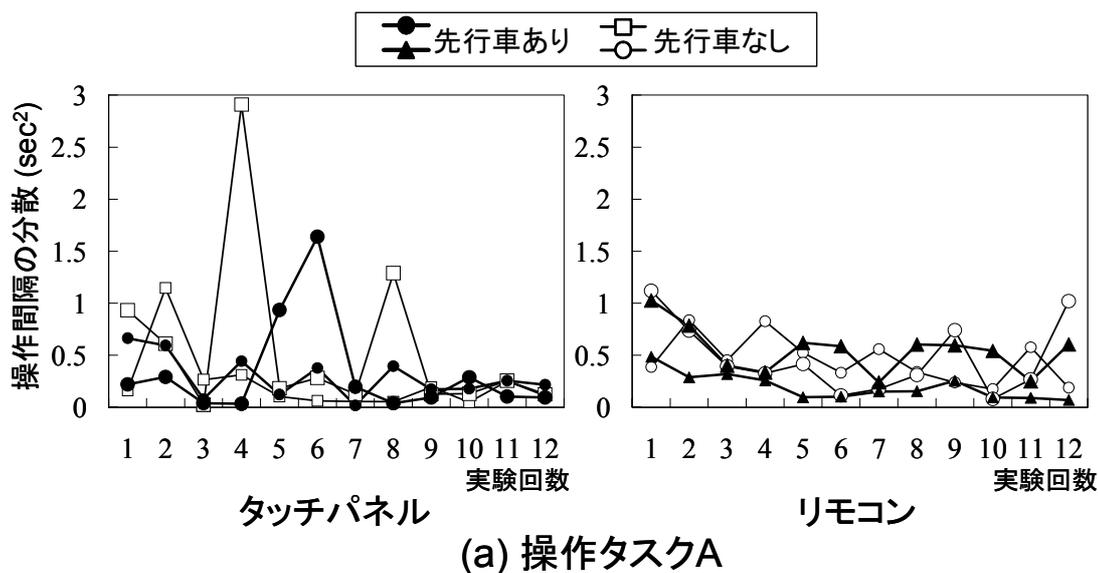


図 5.42 走行時における操作間隔時間の分散の結果

しかし、運転しながらの車載ナビ操作においては、車載ナビ操作だけではなく運転操作にも意識を向ける必要があるため、運転中の車載ナビ操作の習熟により必ずしも操作間隔が一定になるわけではなかったと考えられる。

3. 運転行動

ステアリングエントロピーは約0.2~0.8の値を示し、操作タスクによる違いは見られなかった。また実験回数の増加に伴う値の変動に傾向は見られず（実験回数を通じてランダムに変動し）、実験条件による特徴も見られなかった。

ステアリングエントロピーの結果と同様に、自車速度の結果についても操作タスクによる違いは見られなかった。自車速度は約35km/h~45km/hの範囲で、全実験回数を通じてほぼ一定であり、実験条件による違いも見られなかった。

図5.43に車両横変位量の標準偏差の結果を示す。実験回数後期において車両横変位量の標準偏差はどの操作タスクでも約0.1~0.2の値を示し、ステアリングエントロピーおよび自車速度の結果と同様に、各操作タスク間での違いや全実験回数を通じた変動傾向は特に見られなかった。また先行車あり、なしによる違いやタッチパネル、リモコンの入力デバイス間の違いも見られなかった。

ステアリングエントロピー、自車速度および車両横変位量の標準偏差という運転行動に関する結果は、操作タスクなしでの運転走行における各指標の結果とほとんど変化なかった。このことから、本実験では操作タスクによる運転行動への影響はほとんど無かったと考えられる。

4. 生体指標

図5.44に心電図のRR間隔から算出した変動係数の結果を示す。ステアリングエントロピー、自車速度や車両横変位量の標準偏差の結果と同様に、操作タスク間における違いや実験回数の増加に伴う傾向は特に見られなかった。各操作タスクにおいて、タッチパネル使用時の変動係数の方がリモコン使用時の変動係数よりも広範囲にわたった値を示した。

指尖脈波データから算出したモーメントおよび稠密度の結果はRR間隔の変動係数と同様の傾向を示した。つまり、各操作タスク間や実験条件による違いは特に見られず、実験回数の増加に伴う値の変動傾向も見られなかった。

本実験では、生体指標の導出区間として操作タスクの開始から操作タスクの終了までとしたが、最も難易度の高い操作タスクCの所要時間も1分間以内と非常に短かった。

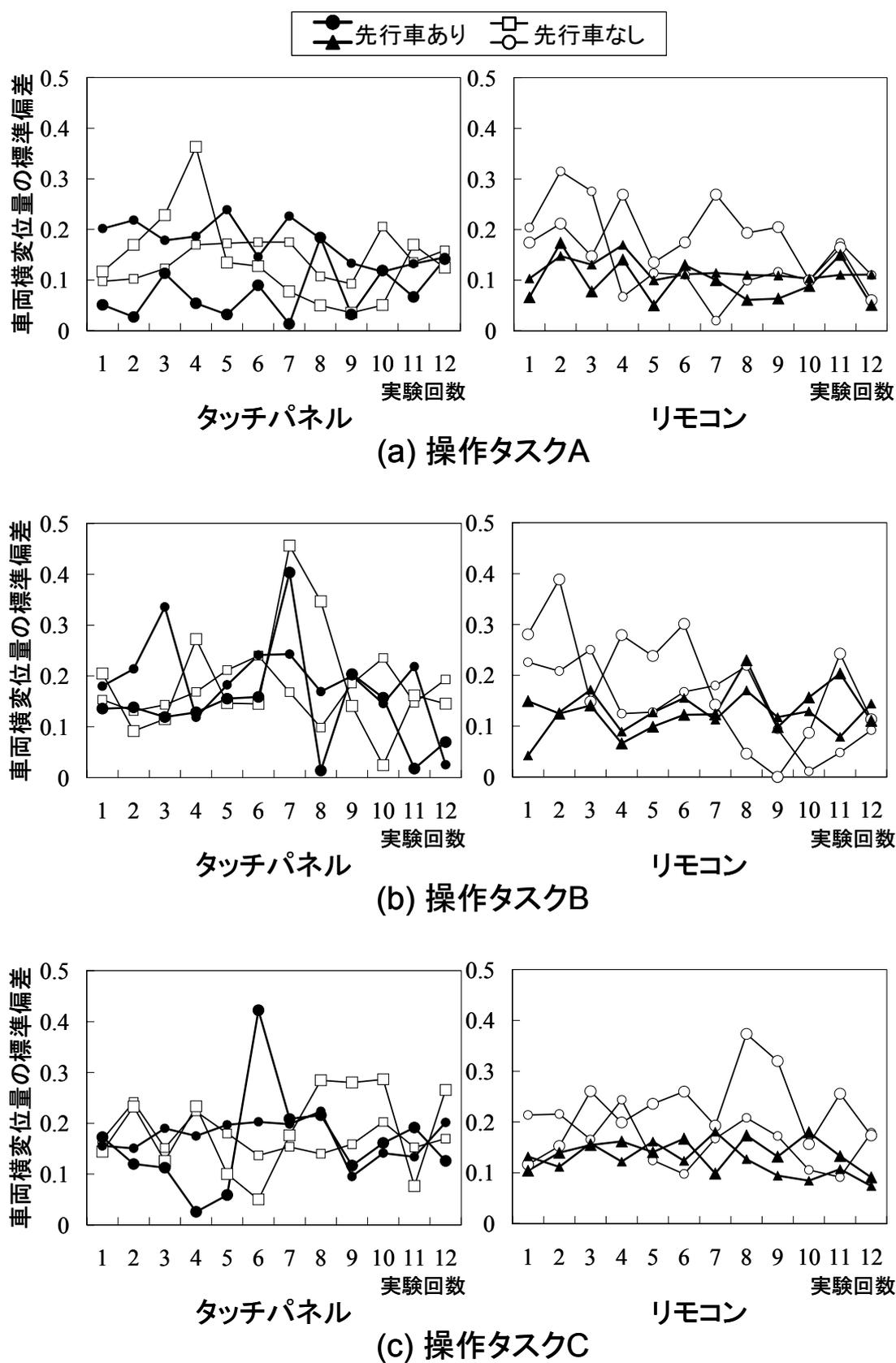


図 5.43 車両横変位量の標準偏差の結果

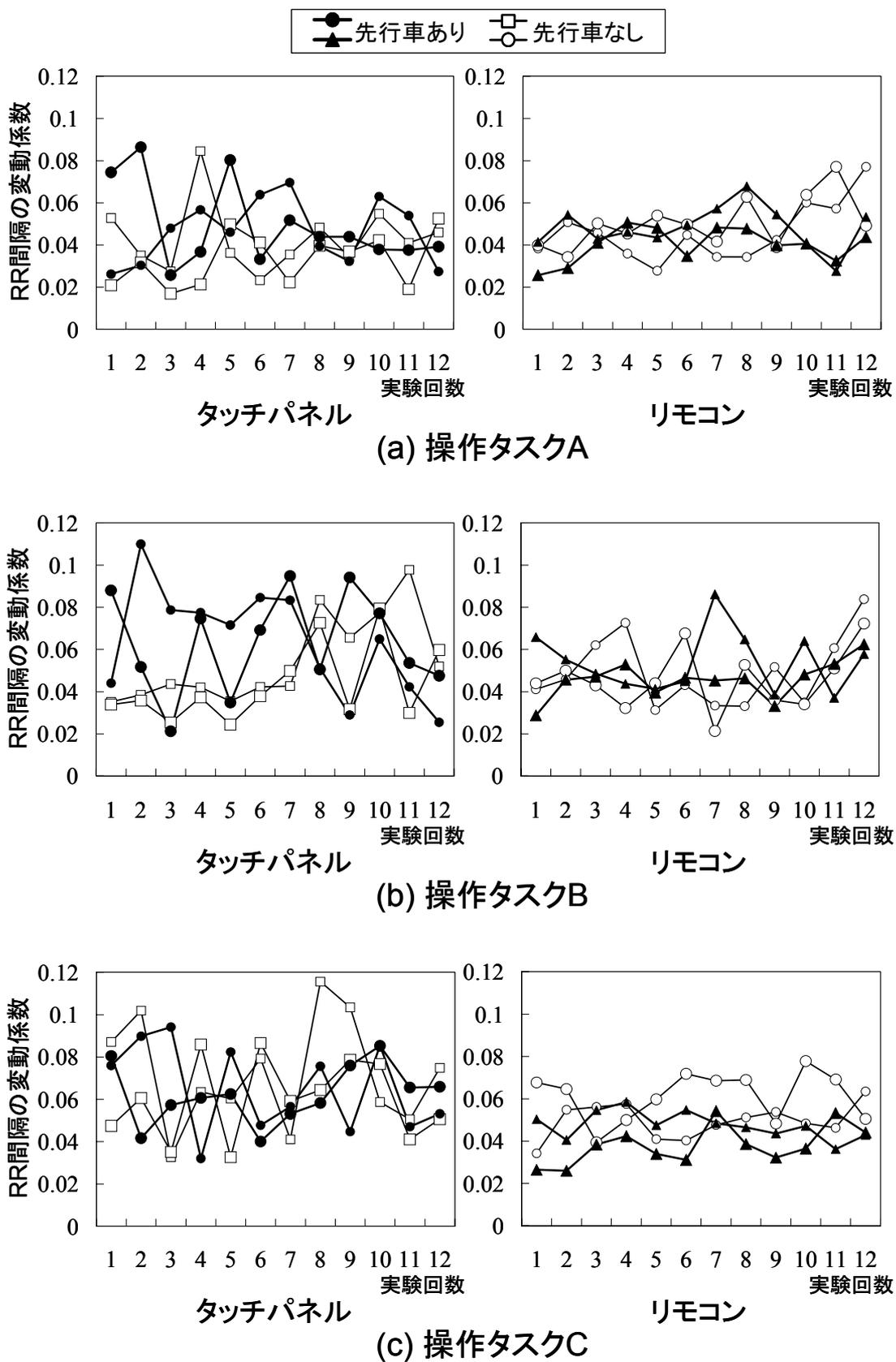


図 5.44 RR 間隔の変動係数の結果

生体指標導出のためのデータ長が短かったために、車載ナビ操作に慣れていないと思われる実験回数初期においてもRR間隔の変動係数および指尖脈波のモーメント、稠密度に影響が見られなかったと考えられる。

5. 主観的評価

図5.45にRNASA-TLXの結果を示す。各操作タスクにおいて似たような傾向を示し、実験回数の増加に伴い精神的作業負担は減少する傾向が見られた。総視認時間や操作タスクBでの所要時間の結果と同様、実験回数7回目まで精神的作業負担は減少し、実験回数8回目以降ほぼ一定となる傾向が見られた。

交通環境による違いに関して、実験回数後期の精神的作業負担の結果に個人差が見られたものの、先行車あり、なしによる違いはほとんど見られなかった。先行車ありの場合、操作タスクAでのタッチパネル使用時における実験回数9回目および操作タスクCでのリモコン使用時における実験回数11回目に、若干評価値が増加した。これは、操作タスク遂行中に先行車に近づきすぎた時点があったなど、先行車による影響があったためと考えられる。

入力デバイスによる違いに関して、実験回数初期ではリモコン使用時の方がタッチパネル使用時よりも精神的作業負担は高い傾向であったが、実験回数後期ではリモコン使用時の方がタッチパネル使用時よりも精神的作業負担が低い傾向を示した。

Cooper & Harperの評定尺度による精神的作業負担の主観的評価の結果は、RNASA-TLXの結果と同様の傾向が見られた。

図5.46に車載ナビ操作の主観的習熟度の結果を示す。総視認時間、操作タスクの所要時間およびRNASA-TLXの結果と同様、各操作タスクにおいて実験回数の増加に伴い主観的により習熟していくと評価する傾向が見られた。実験回数の増加に伴う主観的習熟度の減少傾向は、総視認時間、操作タスクの所要時間およびRNASA-TLXにおける減少傾向よりも若干早い傾向が見られた。タッチパネル使用時の主観的習熟度は実験回数3回目まで減少し、実験回数4回目以降ほぼ一定となり、一方、リモコン使用時の主観的習熟度は実験回数5回目まで減少し、実験回数6回目以降ほぼ一定となった。タッチパネル使用時には、主観的習熟度の結果に個人差が見られた。

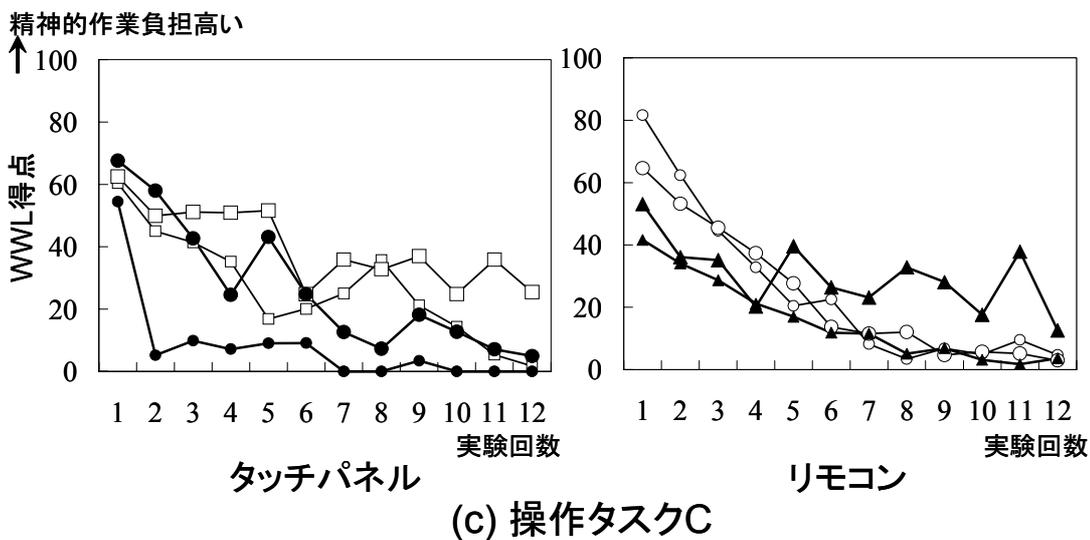
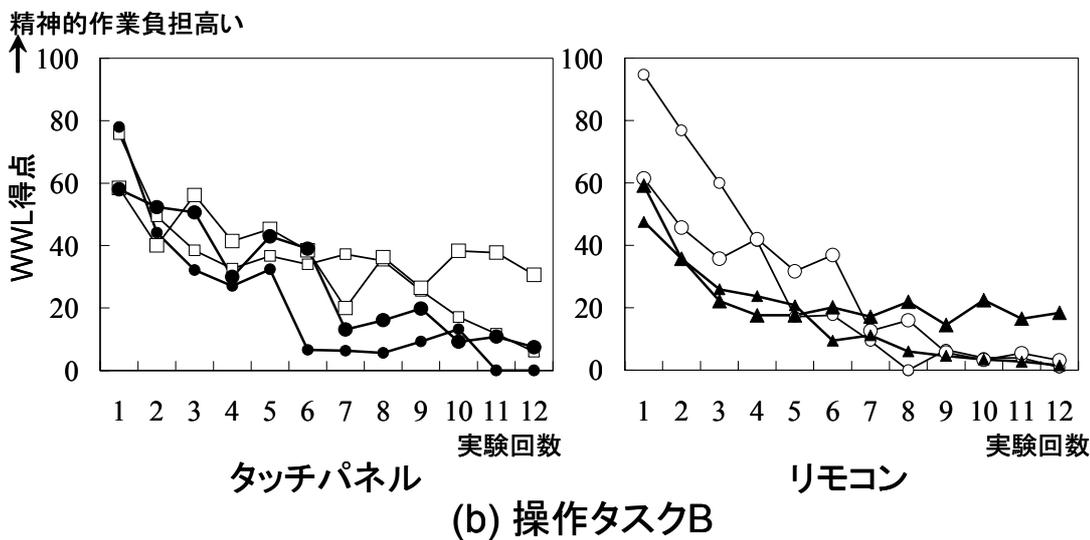
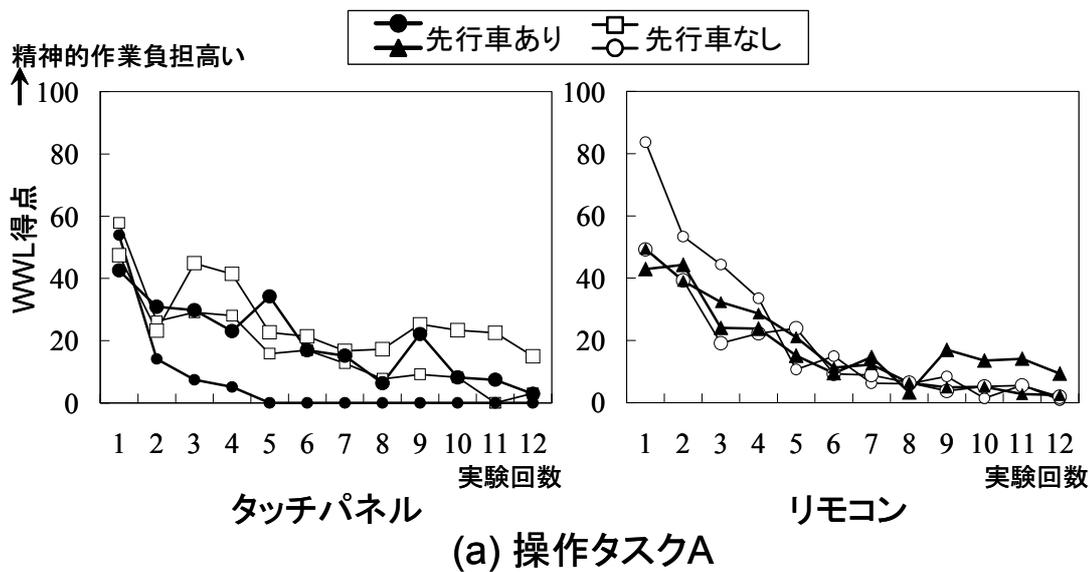
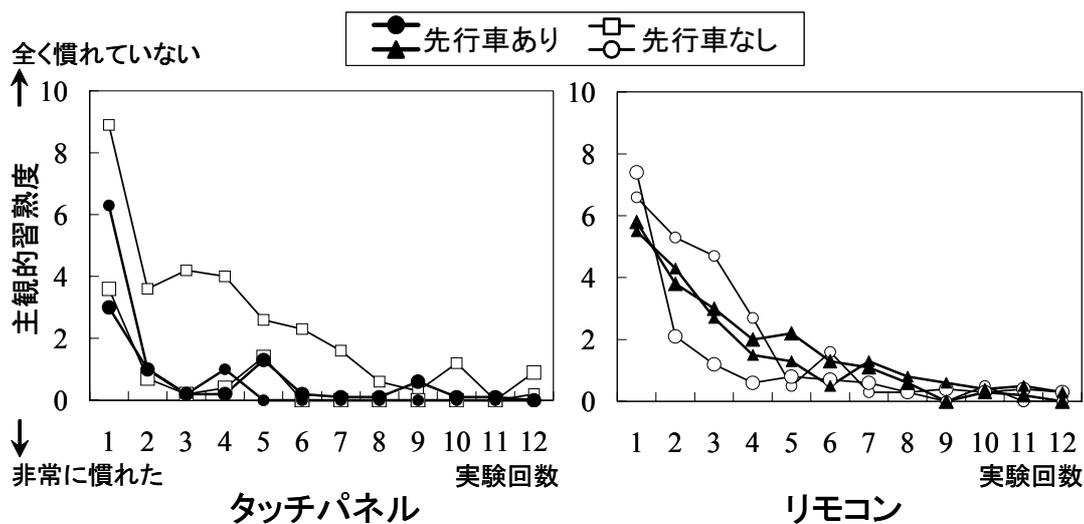
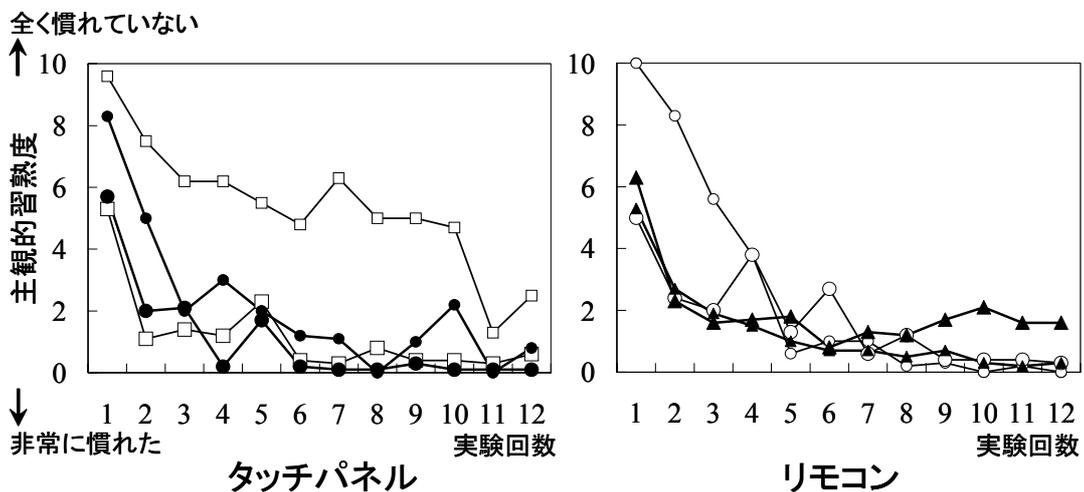


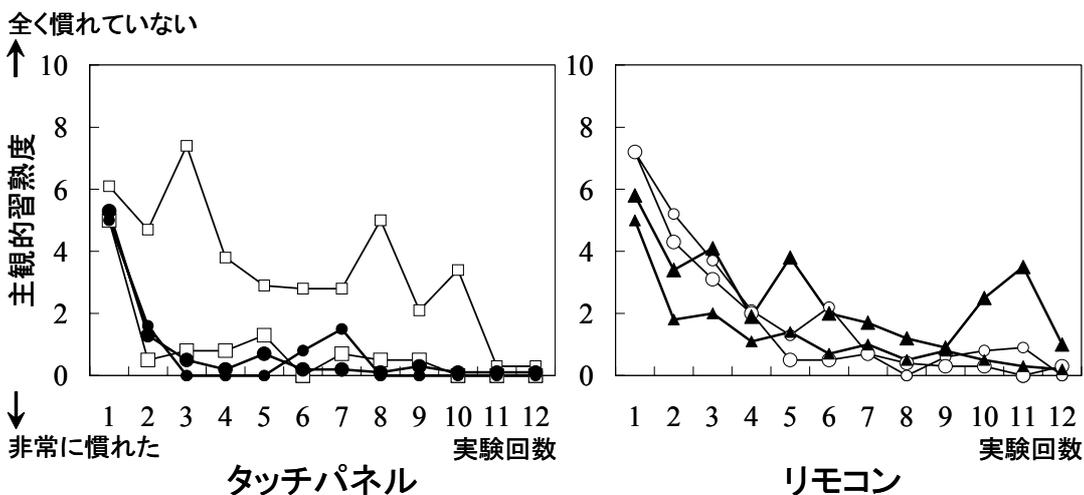
図 5.45 RNASA-TLX の結果



(a) 操作タスクA



(b) 操作タスクB



(c) 操作タスクC

図 5.46 主観的習熟度の結果

(3) DS 実験による評価指標の抽出

DS を用いて、車載ナビ操作時におけるドライバー行動を様々な評価指標の観点から分析した。主観的習熟度の結果から、各操作タスクにおいて、タッチパネル使用時、リモコン使用時とも実験回数の増加に伴い車載ナビ操作に習熟していき、実験回数後期においては車載ナビ操作に習熟したと各被験者が主観的に評価していることが明らかとなった。主観的習熟度の評価値は、実験回数の増加に伴い減少傾向を示した。この減少傾向と同様に、実験回数の増加に伴う減少傾向を示した評価指標は以下の通りである。

- 総視認時間
- 操作タスクの所要時間
- RNASA-TLX による精神的作業負担の主観的評価
- Cooper & Harper の評定尺度による精神的作業負担の主観的評価

本実験で行った操作タスクの内容であれば、視認行動および車載ナビ操作行動に関する客観的評価、また精神的作業負担の主観的評価により、入力デバイスによらず車載ナビ操作のドライバー習熟適応性を評価できると示唆される[132][133]。

本実験結果から、車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性の評価指標の有効性として表 5.9 のようにまとめられる。

表 5.9 DS 実験によるドライバー習熟適応性の評価指標のまとめ

	ドライバー習熟適応性の評価指標として
総視認時間	◎
1回当たりの平均視認時間 平均視認頻度	✗ 未習熟時、1回当たりの視認時間は長くなり、視認回数が多くなる
操作タスクの所要時間	◎
操作間隔時間の分散	✗ 車載ナビ操作だけではなく、運転操作にも意識を向ける必要があるため
ステアリングエントロピー 自車速度 車両横変位量	✗ 操作タスクのステアリング行動、自車速度、車両のふらつきに対する影響はほとんどなし
RR間隔の変動係数 指尖脈派のモーメント、稠密度	✗ 計測データの解析区間(操作タスクの所要時間)が短いため、運転中の操作タスクによる生体指標への影響はほとんどなし
RNASA-TLX Cooper & Harper の評定尺度	○ 周辺交通による影響の可能性あり

視認行動や車載ナビ操作行動からドライバー習熟適応性を評価する場合、1回あたりの平均視認時間や操作間隔時間の分散などの1つ1つの視認行動、操作行動に着目したミクロ的な指標ではドライバー習熟適応性を評価できず、総視認時間や総所要時間というマクロ的視点での評価が重要であると示唆される。

(4) DS 実験によるドライバー習熟適応性モデル

主観的習熟度に見られた減少傾向は、上記4つのドライバー習熟適応性評価指標に比べて若干早かった。4つの指標では、所要時間の結果には操作タスクによる影響が見られたものの、各操作タスクにおいて実験回数約7回に渡って減少したのに対し、主観的習熟度では実験回数約3回程度で評価値が減少し、その後ほぼ一定となる傾向が見られた。被験者は車載ナビ操作に習熟したと主観的に判断した後も、客観的に見れば習熟が進行していたと考えられる。これらの傾向と実験終了後の自由形式のアンケートにより得られた被験者の目的意識の変遷を基に、図5.47に総視認時間を例とした車載ナビ操作のドライバー習熟適応過程モデルを示す[134][135]。

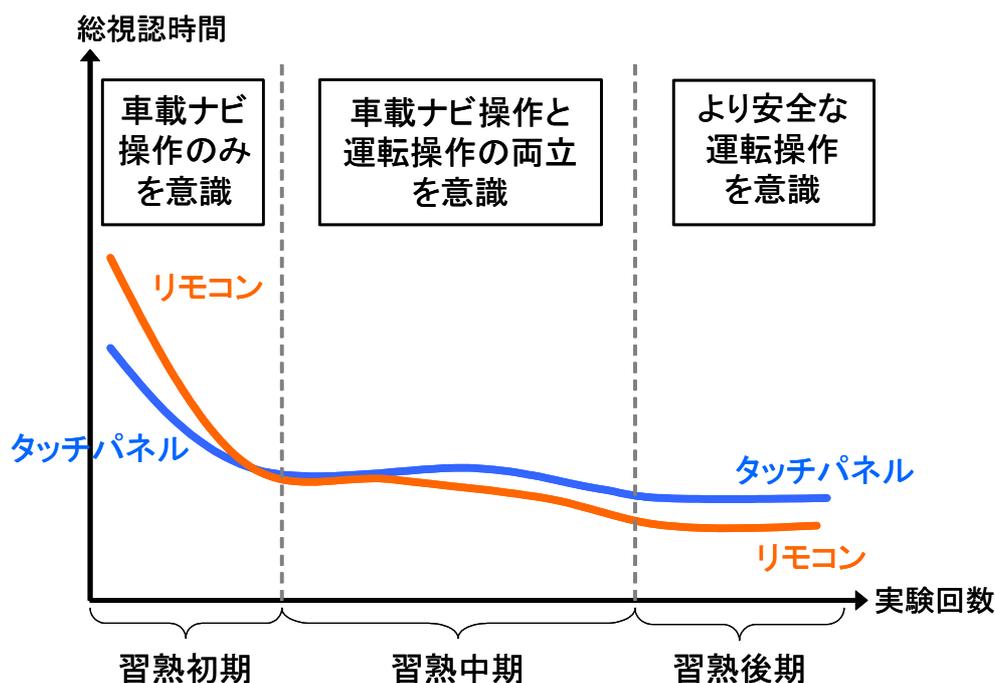


図 5.47 車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性モデル

習熟初期（実験回数およそ3回目まで）では、車載ナビ操作をミスなく行なうことを意識して作業が行われる。この期間では総視認時間が大きく減少し、車載ナビ操作のみの習熟が行われていると考えられる。また主観的にも、この期間で車載ナビ操作に習熟したと判断されると考えられる。習熟中期（実験回数4回目から実験回数およそ7回目まで）では、車載ナビ操作と運転操作の両立を意識して作業が行われる。この期間では総視認時間

は若干増加する場合もあり、その後緩やかに減少し再び低い値に収束する。ここでは、運転作業を行いながらの車載ナビ操作の習熟が行われていると考えられる。習熟後期（実験回数8回目以降）では、より安全で正確な運転作業を意識して作業が行われ、総視認時間の変動はほとんど見られなくなり、運転しながらの車載ナビ操作にほぼ習熟していると考えられる。ドライバー習熟適応性モデルから、車載ナビ操作に習熟することで、運転操作と車載ナビ操作の両立が可能になると示唆される。

交通条件の違い（先行車あり／なし）に関して、習熟初期の総視認時間の結果に交通条件による特徴が見られた。車載ナビ操作の未習熟状態である習熟初期では、先行車がない場合、先行車がいる場合に比べてより車載ナビの操作に集中してしまい、総注視時間が長くなったと考えられる。周辺交通が少なく、運転作業において他車両とのインタラクションをそれほど意識しない状況では、車載ナビ操作の未習熟時に、より車載ナビ操作に注意を集中してしまう傾向が示唆される。他の評価指標の結果に先行車の有無による違いは見られなかったものの、車載ナビ操作により注意を集中しているため、突発的な車両進入や歩行者の飛び出しへの対応が遅れるなど、潜在的な危険の可能性が示唆される。

入力デバイスの違いに関して、実験回数の増加に伴う総視認時間の減少幅（習熟効果）はリモコン使用時の方がタッチパネル使用時よりも大きい傾向が見られた。リモコンは表示部と操作部が分離しており、未習熟状態では表示部と操作部の対応付けの困難さから両方を注視して操作するが、習熟することで操作部と表示部の対応付けが容易となり、操作部をほとんど注視しないで操作でき、またジョイスティック操作の触覚を通じたフィードバックにより表示部もあまり注視しないでブラインド操作が可能になると考えられる。

一方、タッチパネルは表示部と操作部が一致しており、未習熟状態でも運転作業を行いながらあまり困難さを感じることなく操作できたと思われる。しかし、車載ナビ操作に習熟しても車載ナビ操作時には液晶ディスプレイを注視する必要がある、なるべく前方を見ながら車載ナビ操作するなど視認行動に関して工夫することがほとんど出来ない。このように、リモコン使用時における視認行動の改善がより大きな習熟効果につながったと考えられる。

（5）実車実験による評価指標の妥当性検討

1. 実験方法

1-1 実験装置

実験車両は1600ccのワゴンタイプの普通自動車を使用した。被験者の視認行動や運転行動を記録するため、小型CCDカメラ3台が設置された。

車載ナビは、DS実験と同様のタッチパネル機能付8インチ液晶モニターおよびジョイスティック付リモコンが備わったものを使用し、設置場所はDS実験の場合と同様であった。

第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用

1-2 実験コース

実験コースは、横浜市港北区、保土ヶ谷区、西区、中区に渡る地域で、図 5.48 に示す例のように一般道と高速道が含まれる全長 14~21km のコースを設定した。同じ被験者に対してコースの重複がないように 12 コース設定した。

計測対象となる区間は、DS 実験と等しくするため、一般道においては信号の含まれない直線道路部とし、高速道でも直線区間とした。



図 5.48 実験コースの一例

1-3 操作タスク

車載情報機器の安全性ガイドラインで走行中の操作が許容されている内容を考慮して、DS 実験の操作タスク A にあたる道路名称表示の ON/OFF 設定を行った。入力デバイスは、タッチパネルまたはリモコンのどちらか一方が被験者に割り当てられた。

1-4 評価項目

DS 実験と比較するため、DS 実験と同様の指標を計測した。客観的指標として視認行動および車載ナビ操作行動を測定し、精神的作業負担に関する主観的評価および主観的習熟度の測定を行った。運転行動に関して、計測装置の都合上、ステアリング操舵角、自車速度や車両横位置を計測できなかったため、車線逸脱、急ハンドルや車間距離不保持に関する同乗した実験者による観察で代用した。また生体指標の測定に関して、計測装置の都合上、実車では測定できなかったため今回は見送ることとした。

1-5 被験者

DS 実験には参加していない男性 2 名（年齢：20 歳，22 歳）で、車載ナビ使用経験はなかった。両被験者とも週に数回程度の日常的な運転経験があり、運転能力に問題はなかつ

た.

1-6 実験手順

各被験者とも、1日に行う実験回数は1回で、約4週間にわたって合計12回の実験を行った。

始めに停車状態で操作タスクを行い、主観的評価を行った。走行中は、まず一般道において操作タスクを行い、続いて高速道において操作タスクを行った。各操作タスク終了後、安全上支障のない場所で停車させ、主観的評価を行った。図 5.49 に実験手順を示す。

被験者は、車載ナビの経路誘導に従ってあらかじめ設定した目的地に向かって走行すること、また交通規則を遵守し安全に配慮した運転を心がけるよう指示された。走行中、助手席に同乗した実験者から操作タスク開始の合図を出し、被験者は合図後、任意のタイミングで操作タスクを開始した。

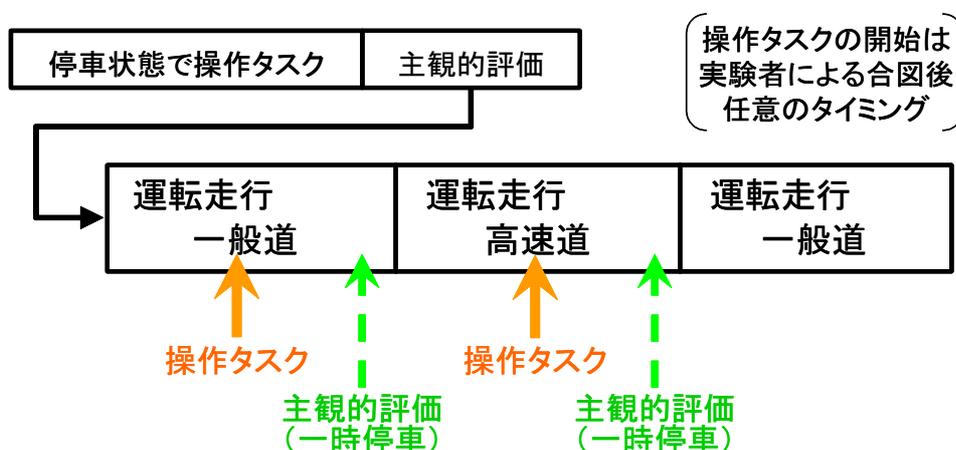


図 5.49 実車実験における実験手順

(6) 実車実験の結果および考察

1. 視認行動

図 5.50 に液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果を DS 実験の結果と合わせて示す。タッチパネル使用時、リモコン使用時とも実験回数の増加に伴う減少傾向が見られ、この減少傾向は DS 実験の結果に類似していた。

実験回数後期において、タッチパネル使用時の総視認時間が若干増加する傾向が見られ、リモコン使用時の方がタッチパネル使用時に比べて総視認時間はわずかながら短かった。一般道と高速道では、特に違いは見られなかった。

図 5.51 に液晶モニターおよびリモコンに対する 1 回当たりの平均視認時間の結果を DS 実験の結果と合わせて示す。一般道および高速道によらず、実験回数の増加による一定の傾向が見られず、約 0.5sec~1.5sec の間で変動する傾向が見られた。ほとんどの実験回数を通じて、リモコン使用時の方がタッチパネル使用時よりも 1 回当たりの平均視認時間は短い傾向が見られた。

平均視認頻度の結果も1回当たりの平均視認時間の結果と同様で、実験回数の増加による一定の傾向は見られなかった。

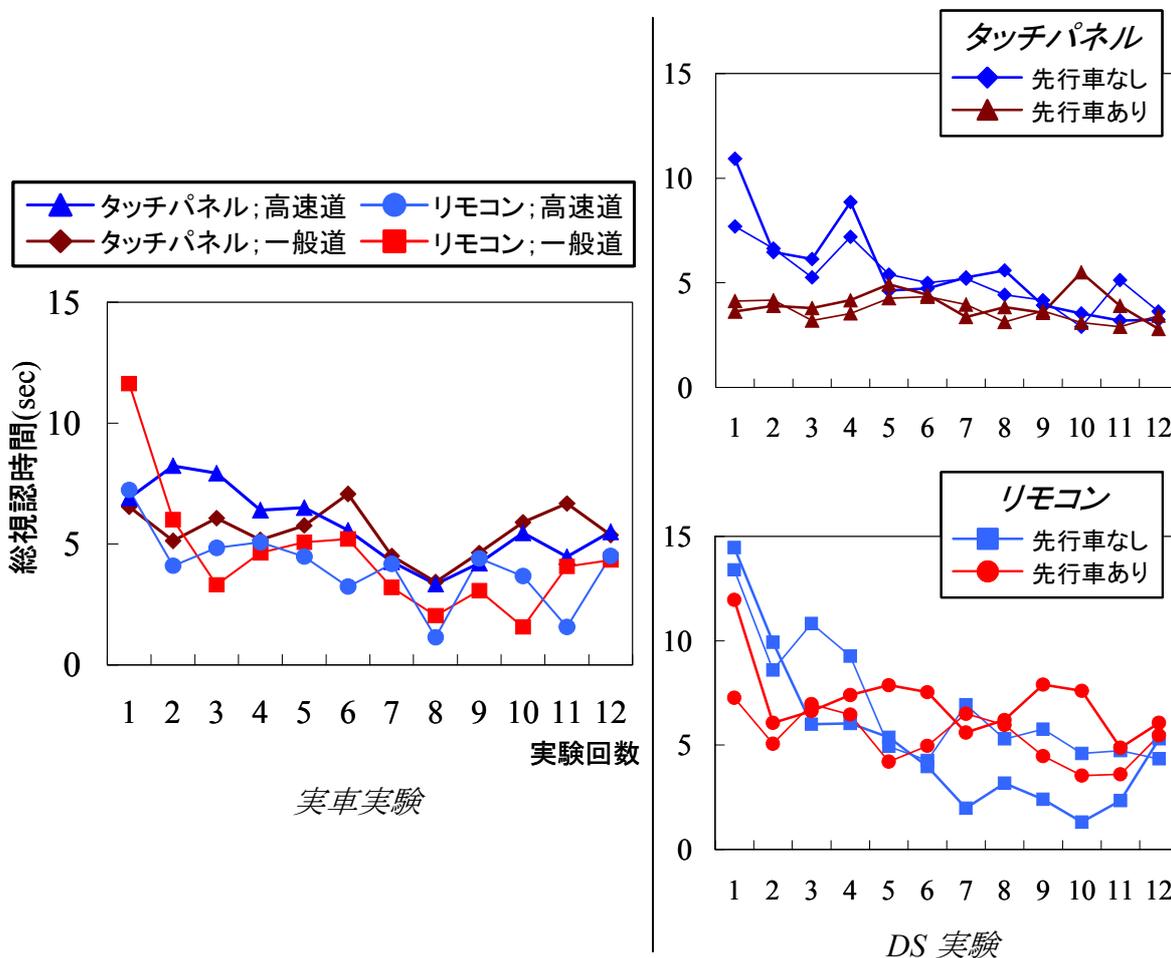


図 5.50 実車実験における総視認時間の結果

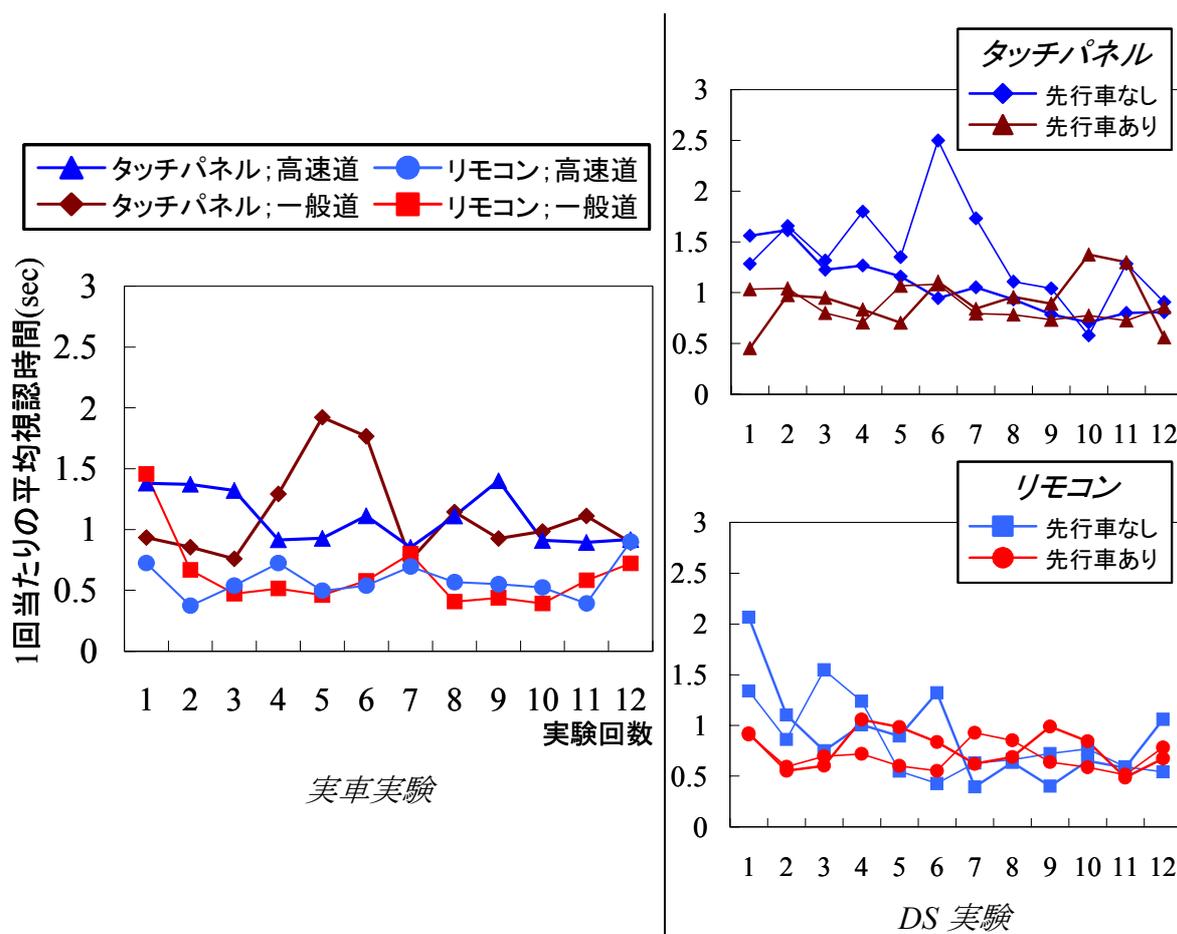


図 5.51 実車実験における 1 回当たりの平均視認時間の結果

2. 車載ナビ操作行動

図 5.52 に走行時における操作タスクの所要時間の結果を DS 実験の結果と合わせて示す。タッチパネル使用時、リモコン使用時とも実験回数の増加に伴い所要時間は減少し、DS 実験と同様、実験回数初期のリモコン使用時にこの傾向は顕著に見られた。実験回数後期において、タッチパネル使用時の所要時間が若干増加する傾向が見られた。

総視認時間の結果と同様に、一般道と高速道による違いは特に見られなかった。

図 5.53 に操作間隔時間の分散の結果を DS 実験の結果と合わせて示す。DS 実験と同様に、実験回数の増加による一定の傾向は特に見られず、操作間隔時間の分散は実験回数を通じてほぼ一定、もしくは突発的に値が増加する場合が見られた。

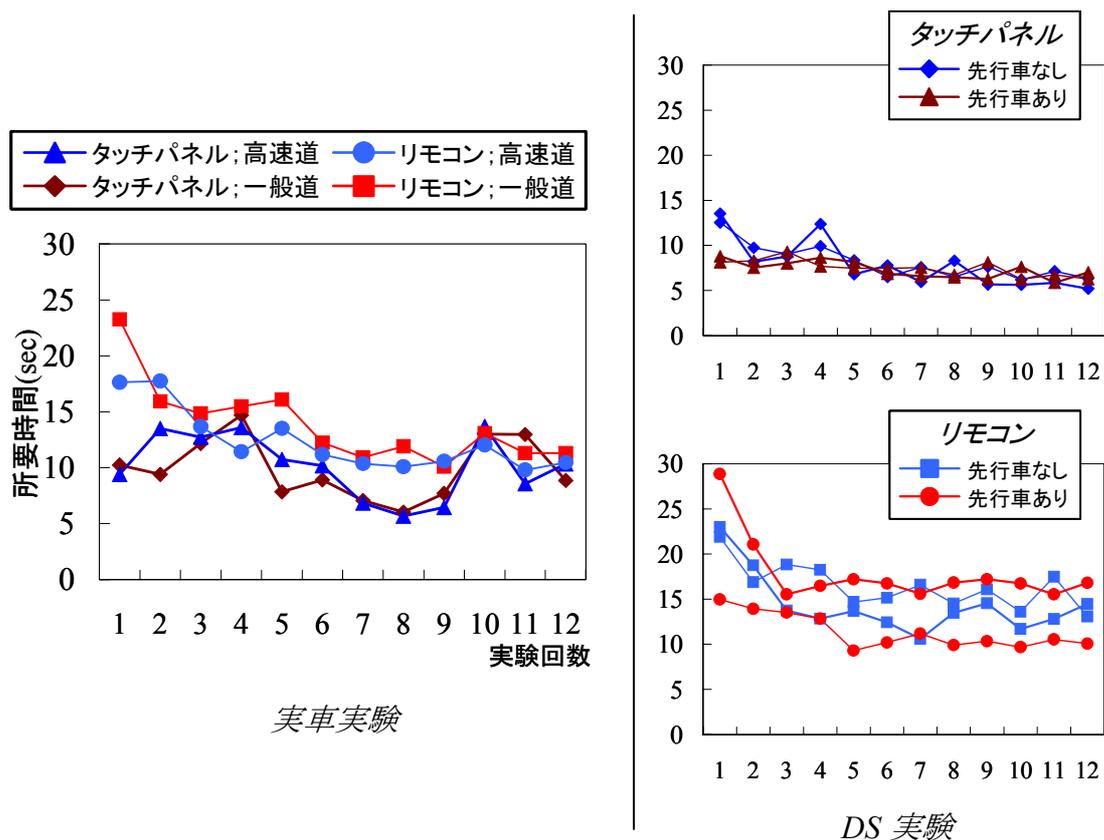


図 5.52 実車走行時における操作タスクの所要時間の結果

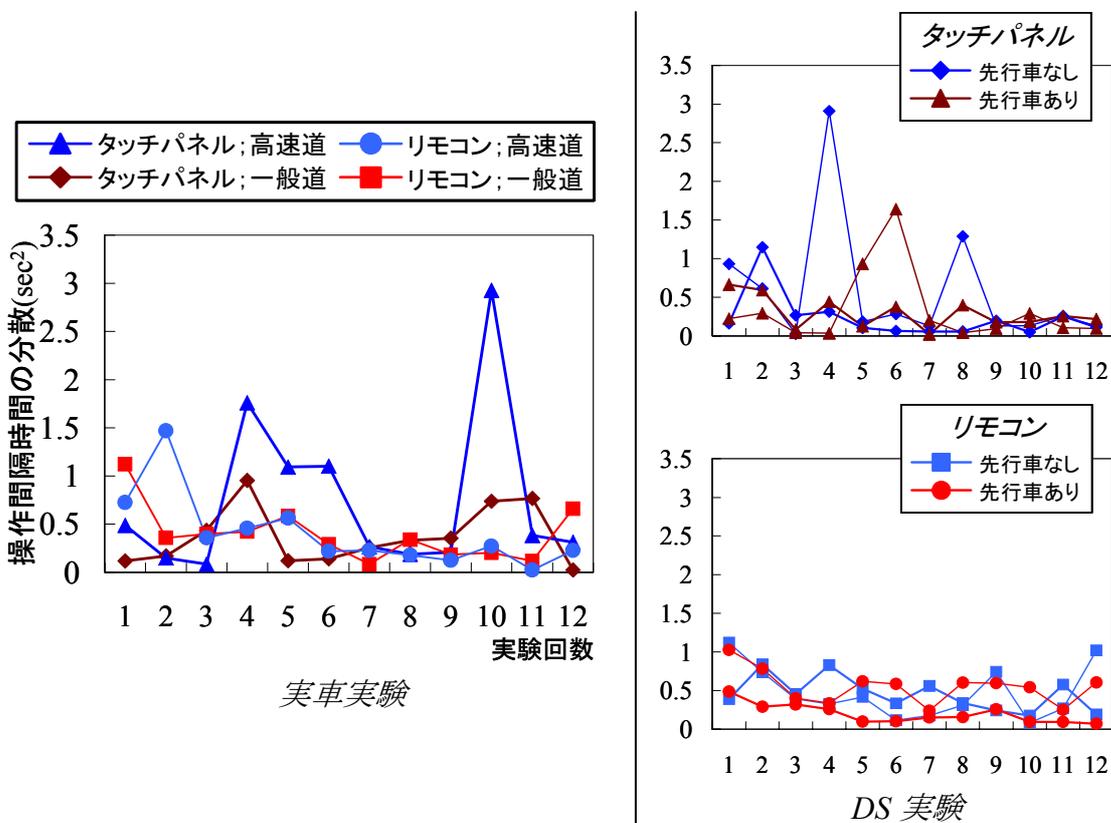


図 5.53 実車実験における操作間隔時間の分散の結果

3. 運転行動

操作タスク遂行中における車線逸脱，急ハンドルおよび車間距離不保持に関して，実験者による観察ではあるが，全実験回数を通じて顕著な特徴は見られなかった．DS 実験と同様，直線道路部での走行という簡単な運転作業であったため，操作タスクによる運転行動への目立った影響は見られなかったと思われる．

4. 主観的評価

図 5.54 に走行時の RNASA-TLX の結果を示す．実験回数の増加に伴い精神的作業負担の減少傾向が見られたものの，タッチパネル使用時（一般道）の実験回数 9 回目に見られるように，突発的に精神的作業負担が高くなる場合があった．総視認時間や操作タスクの所要時間の結果と同様，一般道と高速道の違いは特に見られなかった．

Cooper & Harper の評定尺度による精神的作業負担の主観的評価および車載ナビ操作の主観的習熟度の結果も，RNASA-TLX と同様の傾向を示した．

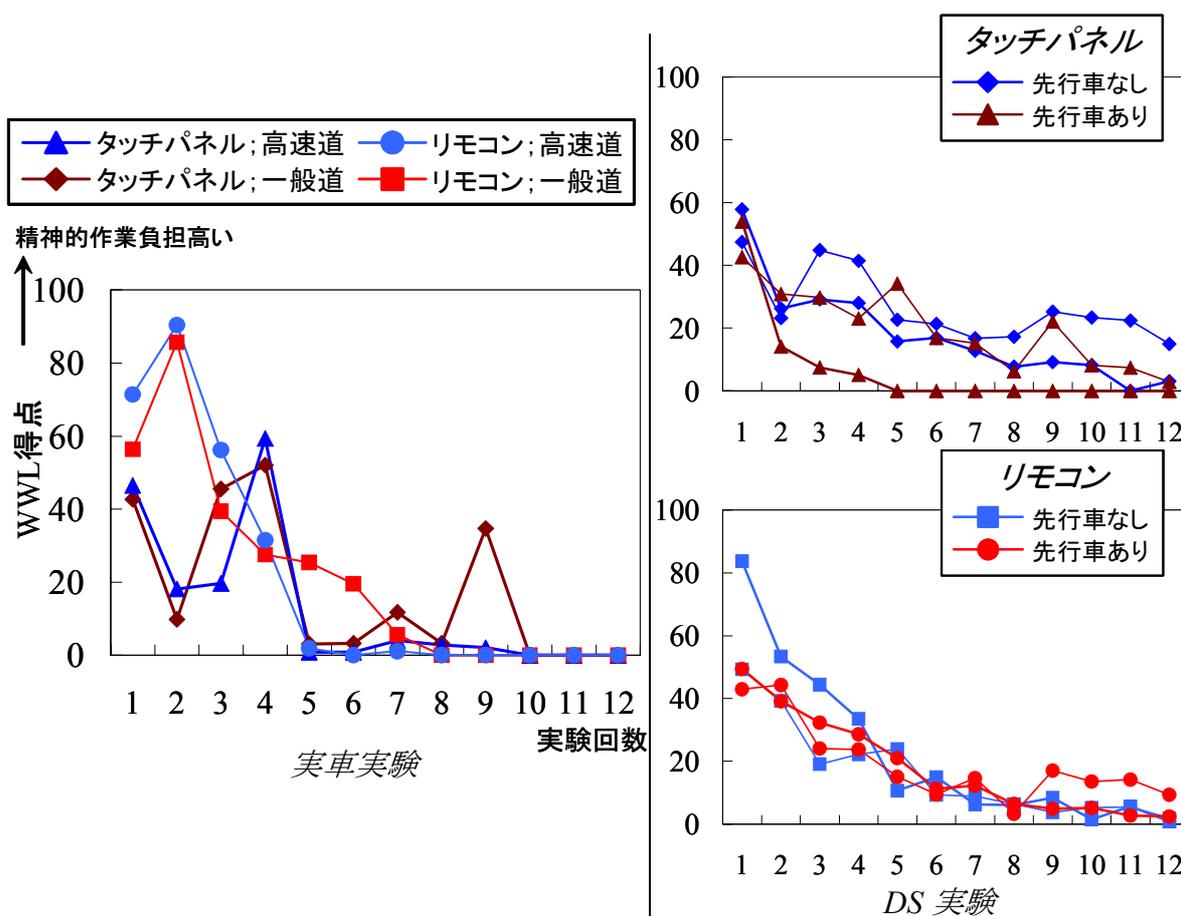


図 5.54 実車実験における RNASA-TLX の結果

総視認時間と操作タスクの所要時間の結果は、DS 実験と同様に実験回数の増加に伴う減少傾向を示した。一方、RNASA-TLXの結果には、総視認時間と所要時間の結果から習熟したと判断される段階においても、突発的に値が増加する場合が見られた。この傾向が顕著であった実験回数9回目のタッチパネル使用時（一般道）における状況をビデオデータから再確認したところ、被験者は片側2車線道路の右車線を走行し、前方に先行車があり、左車線からトラックが追い越していった後、操作タスクを行っていた。操作タスク遂行中に前方状況をより注意する必要がある交通条件が主観的評価の結果に影響を及ぼしたと考えられる。この傾向は、DS 実験における先行車ありの場合にも見られ、客観的評価から車載ナビ操作に習熟していると判断される習熟後期においても、先行車を意識したために精神的作業負担の主観的評価値が増加する場合があった。

以上のことから、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性評価において、主観的評価は周辺交通の影響を受け、客観的評価から習熟したと判断される実験回数においても値が突発的に変化する可能性があるとする。

(7) ドライバー習熟適応性の評価指標のまとめ

実車実験における主観的習熟度の結果、DS 実験と同様に、実験回数の増加に伴い被験者は車載ナビ操作に習熟し、実験回数後期では車載ナビ操作に習熟したと評価していることが示された。この主観的習熟度の結果に見られた実験回数の増加に伴う評価値の減少傾向を基に、各評価指標のドライバー習熟適応性評価に対する有効性を、DS 実験との比較という観点からまとめると表 5.10 のように示される[136]。

表 5.10 ドライバー習熟適応性の評価指標に関する DS 実験と実車実験の比較

	DS実験	実車実験での評価指標として
総視認時間	◎	◎
1回当たりの平均視認時間 平均視認頻度	×	× 未習熟時、1回当たりの視認時間は長 ならず、視認回数が多くなる
操作タスクの所要時間	◎	◎
操作間隔時間の分散	×	× 車載ナビ操作だけではなく、運転操作にも 意識を向ける必要があるため
運転行動	×	× 操作タスクの運転行動に対する 影響はほとんどなし
RNASA-TLX Cooper & Harper の評定尺度	○	△ 周辺交通の状況により、客観的指標から 習熟したと思われる実験回数においても、 評定値が突発的に増加

DS 実験と実車実験の比較から、総視認時間および操作タスクの所要時間という車載ナビゲーション操作に関するマクロ的な評価指標により、交通環境や交通条件によらずドライバー習熟適応性を評価できることが示唆される。

(8) DS 実験と実車実験によるドライバー習熟適応性モデルの比較

DS 実験と実車実験のドライバー習熟適応過程を比較すると、リモコン使用時に両実験間で違いはほとんど見られなかったことから、実車においても DS と同様に車載ナビ操作に習熟することで、運転操作と車載ナビ操作の両立が可能になると考えられる。一方、タッチパネル使用時の実験回数後期において、実車実験では総視認時間、所要時間が増加する傾向が見られた。DS および実車における、総視認時間を例としたタッチパネル使用時のドライバー習熟適応性モデル[137]を図 5.55 に示す。

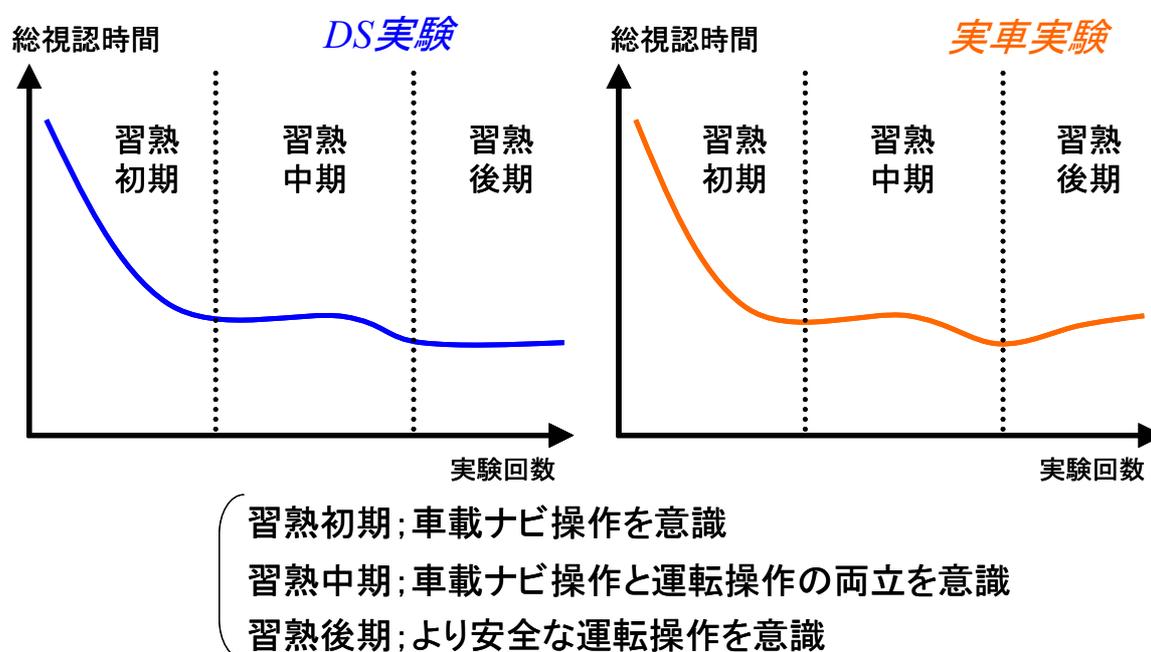


図 5.55 DS 実験および実車実験におけるドライバー習熟適応性モデルの比較

習熟後期では、運転中の車載ナビ操作に習熟することで運転操作と車載ナビ操作の両立が可能となり、より安全な運転操作を意識して作業が行われる。実車においては、より安全な運転操作を意識することで、車載ナビをより余裕を持って操作するため操作タスクの所要時間が増加し、それに伴い総視認時間も増加したと考えられる。運転中に車載ナビ操作に習熟することで車載ナビに対してより長く注視して操作を行う傾向が見られ、このような場合に他車両の飛び出しなど突発事象にどれほど対応できるのかに関しては今後検討する必要があると思われる。

以上のような習熟後期における交通環境の違いによる影響は、主にタッチパネル使用時に見られた。これはタッチパネルとリモコンという入力デバイスの持つ特徴によるものと

考えられる。タッチパネルとリモコンの特徴をまとめると表 5.11 のように示される。

習熟後のより安全な運転操作と車載ナビ操作の両立のためには、習熟による視認行動の改善が重要であり、リモコンとタッチパネルの違いを成している操作時の動作範囲、操作部と表示部の位置関係および操作による触覚を通じたフィードバックの有無が、車載ナビ操作に対するドライバー習熟効果を向上させる要因であると考えられる。

表 5.11 タッチパネルとリモコンの特徴

	タッチパネル	リモコン
身体の動作範囲	広い ボタン操作時、手を動かす	狭い ボタン操作時、指を動かす
表示部と操作部	一致	分離
操作の フィードバック	○ 聴覚	◎ 聴覚+触覚
視覚への負担	習熟による影響 あまり無し	習熟により 負担減少
ストラテジー	走行中の操作方法の 工夫不可能 常に、操作する時 画面を見る必要あり	走行中の操作方法の 工夫可能 【視認行動の改善】 習熟により、前方を見ながら 車載ナビ操作が可能

ドライバー習熟適応性評価の観点から DS 実験と実車実験を比較すると、入力デバイスの特徴からタッチパネル使用時の習熟後期に違いが見られたものの、習熟初期、中期のドライバー習熟適応過程に関しては DS 実験と実車実験はほぼ同じ傾向を示した。また DS 実験は1日数回の実験を連続する6日間で行ったが、実車実験では実際の車載ナビの利用状況を想定し、1日に1回の実験を4週間に渡って行った。実験期間が DS 実験と実車実験で異なっていたが、ドライバー習熟適応過程は似た傾向を示した。このことから、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性評価に関して、DS を使った短期間の連続した実験期間であっても、リアルワールドでの連続しない（毎日ではない）使用日を想定した状況と同等の評価が可能であると示唆される。

5.3.2 メニュー階層構造がドライバー習熟適応性に及ぼす影響の検討

5.3.3項では車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性の評価指標を検討し、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性モデルを示した。入力デバイスとしてタッチパネルとリモコンを用いたが、ドライバー習熟効果はタッチパネルに比べてリモコンの方が大きいと示唆された。つまり、リモコンによる車載ナビ操作により早く習熟できることで、車載ナビ使用時における安全性がより高まると期待される。本項では、リモコンを用いた車載ナビ操作に関するドライバー習熟促進要件として、車載ナビのメニュー階層構造（1画面に表示するメニューボタン数とある機能を達成するためのメニュー階層数）がドライバー習熟適応性に及ぼす影響を検討する。ここでは、被験者として若年ドライバーと高齢ドライバーを用いて、車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性の年齢による比較を行う。

リモコン使用時におけるドライバー習熟促進要件として車載ナビのメニュー階層構造を検討するため、車載ナビのインターフェースプロトタイプを構築する必要がある。このインターフェースプロトタイプを構築する上で適切な機能数やメニュー階層数、各階層数におけるボタン数を抽出するために、市販の車載ナビに導入されている機能数やメニュー階層数、各階層におけるボタン数を調査した。

（1）市販車載ナビゲーションシステムのメニュー階層構造の調査

1. 調査概要

市販されている車載ナビのうち、入力デバイスがリモコンのみ、タッチパネルのみ、リモコンとタッチパネル併用となっているものを対象とし、製造業者5社から5機種を選択した（2002年9月時点で最新のものをを用いた）。図5.56に各車載ナビの画面表示例を示す。対象となる車載ナビを実際に用意し、分析者が入力デバイスを操作しながら個々の機能を1つ1つ確認・記録した。記録データを基に、車載ナビの機能数を「目的地設定」、「情報」、「設定」の観点から分類した。

2. 調査結果

市販の車載ナビのメニュー階層構造に関して、施設検索に至るメニュー階層構造と3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層構造を図5.57～5.60にそれぞれ示す。また施設検索に至るメニュー階層数と1階層でのボタン数および3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層数と1階層でのボタン数を表5.12, 5.13に示す。これらの結果から、車載ナビの種類や目的とする機能によってメニュー階層構造が異なることが明らかとなった。



図 5.56 調査対象とした市販車載ナビの画面表示例

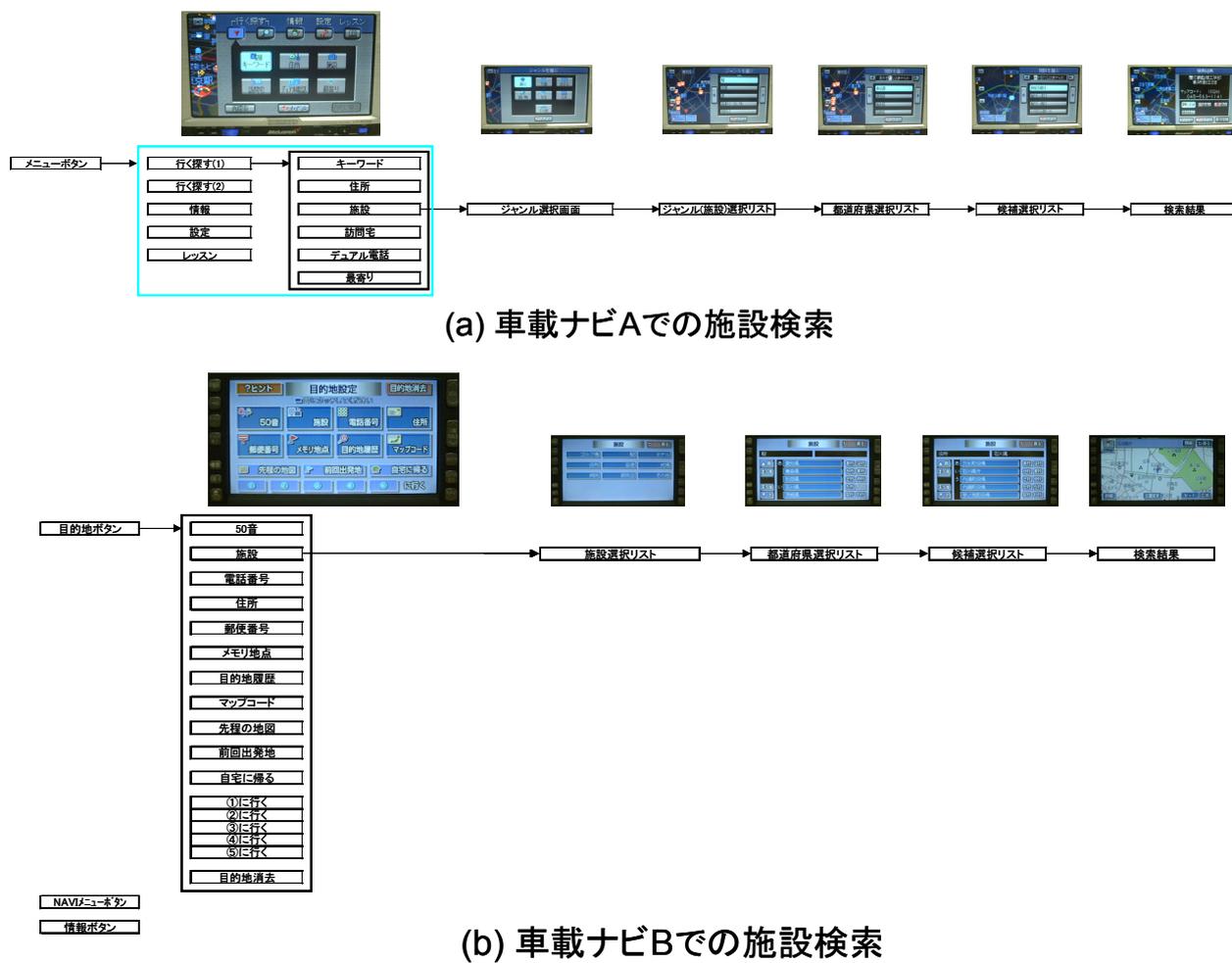
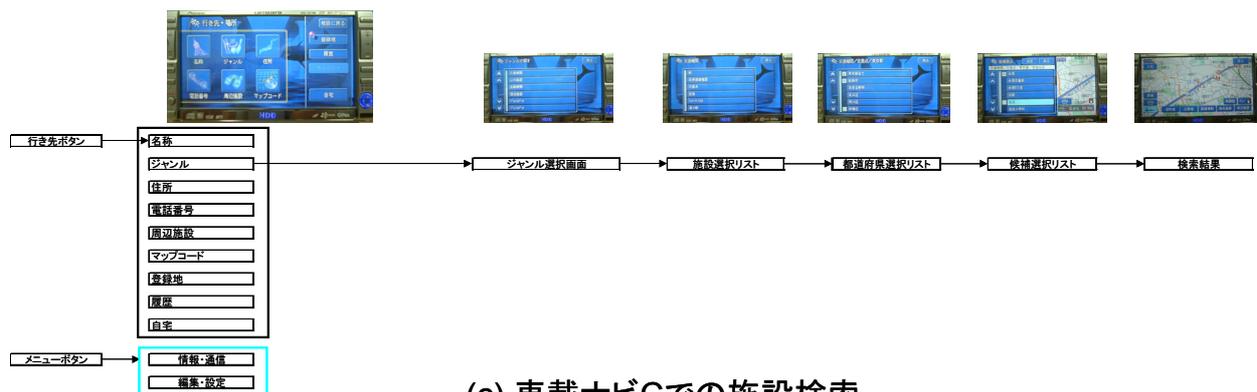


図 5.57 施設検索に至るメニュー階層構造（車載ナビA・B）

第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用



(c) 車載ナビCでの施設検索

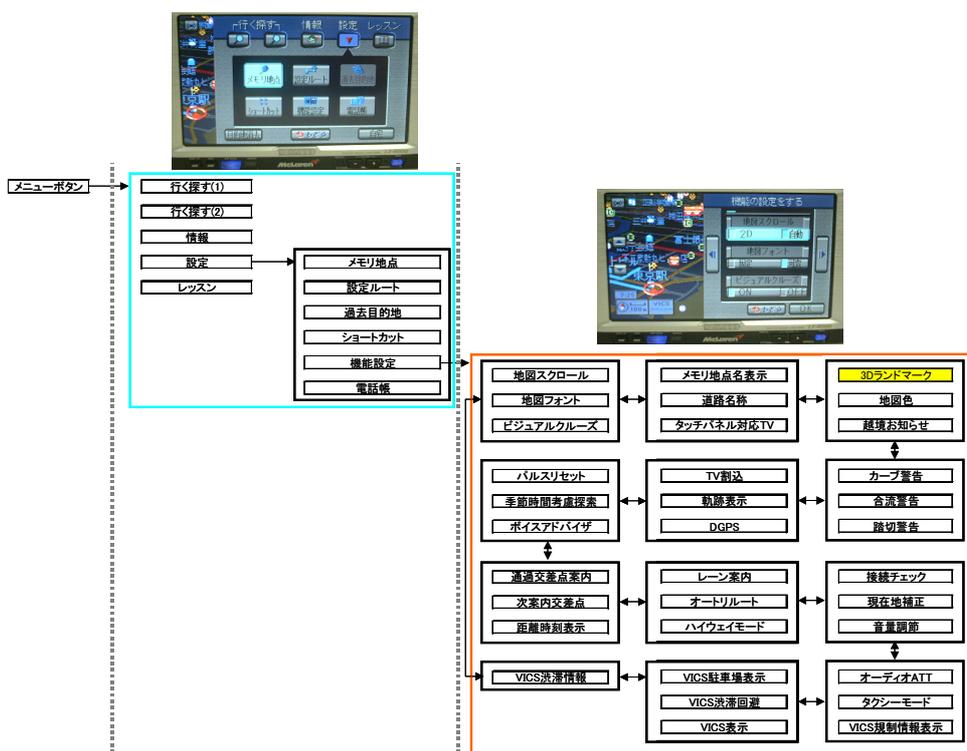


(d) 車載ナビDでの施設検索



(e) 車載ナビEでの施設検索

図 5.58 施設検索に至るメニュー階層構造（車載ナビC・D・E）

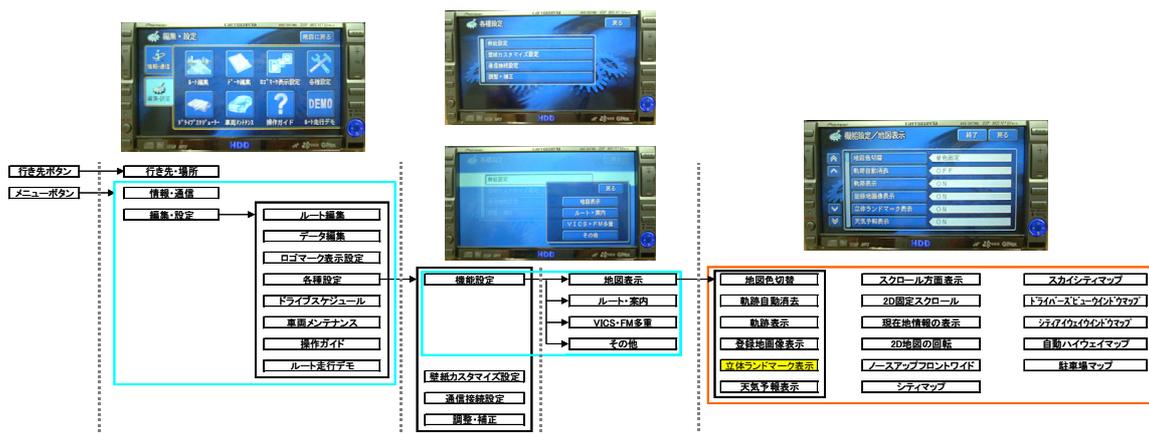


(a) 車載ナビAでの3D(立体)ランドマークの表示設定

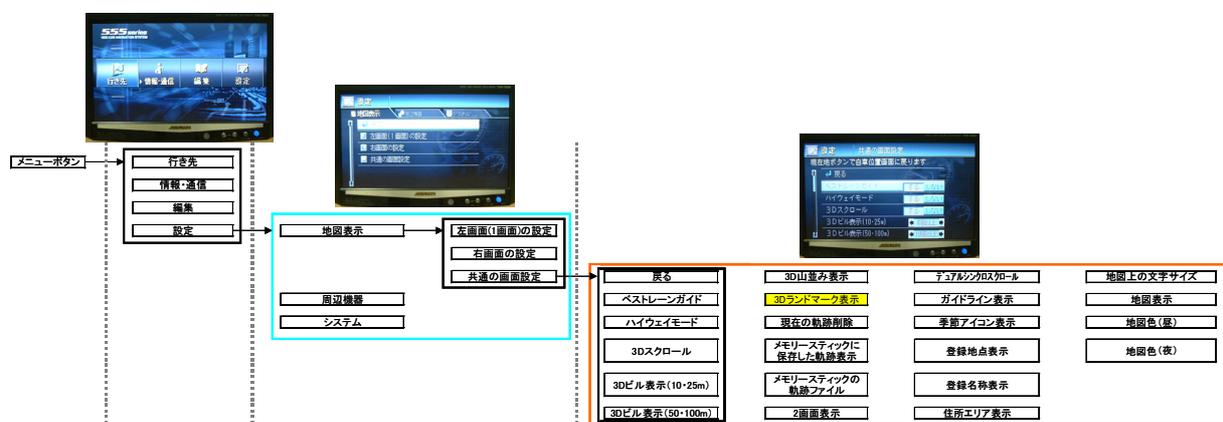


(b) 車載ナビBでの3D(立体)ランドマークの表示設定

図 5.59 3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層構造 (車載ナビ A・B)



(c) 車載ナビCでの3D(立体)ランドマークの表示設定



(d) 車載ナビDでの3D(立体)ランドマークの表示設定



(e) 車載ナビEでの3D(立体)ランドマークの表示設定

図 5.60 3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層構造 (車載ナビ C・D・E)

表 5.12 施設検索に至るメニュー階層数と1階層のボタン数

市販ナビ	入力デバイス	総階層数	1階層のボタン数
車載ナビA	リモコン, タッチパネル	7	(5, 6, 7, 5, 4, 4, 4)
車載ナビB	タッチパネル	5	(17, 9, 5, 5, 4)
車載ナビC	タッチパネル	6	(9, 6, 6, 6, 6, 5)
車載ナビD	リモコン	7	(4, 3, 6, 6, 6, 6, 7)
車載ナビE	リモコン	8	(3, 7, 6, 7, 7, 7, 5, 5)

表 5.13 3D(立体)ランドマークの表示設定に至るメニュー階層数と1階層のボタン数

市販ナビ	入力デバイス	総階層数	1階層のボタン数
車載ナビA	リモコン, タッチパネル	3	(5, 6, 3)
車載ナビB	タッチパネル	2	(10, 9)
車載ナビC	タッチパネル	5	(2, 8, 4, 4, 6)
車載ナビD	リモコン	4	(4, 3, 3, 6)
車載ナビE	リモコン	4	(3, 7, 5, 5)

車載ナビに装備されている機能を、経路誘導の際に必要な目的に関連した「目的地設定」機能、運転走行の利便性向上のための情報に関連した「情報」機能、これら以外で車載ナビの表示設定に関連する「設定」機能と分類し、各機能のおおよその総数を集計した。集計結果を表 5.14 に示す。

表 5.14 各車載ナビの総機能数一覧

市販ナビ	入力デバイス	総機能数	「目的地設定」機能数	「情報」機能数	「設定」機能数
車載ナビA	リモコン, タッチパネル	約130	48	28	54
車載ナビB	タッチパネル	約130	46	12	72
車載ナビC	タッチパネル	約194	46	25	123
車載ナビD	リモコン	約184	87	12	85
車載ナビE	リモコン	約234	71	28	135

総機能数と入力デバイスの関連性は高く、総機能数が多い車載ナビでは入力デバイスとしてリモコンを採用している傾向が見られた。車載ナビCはタッチパネルであっても総機能数は多かったが、車載ナビCは元々リモコンによる操作を想定した設計となっていたためであった。

ここで、「設定」機能は、一度設定したら後はあまり変更しないもの、つまり走行中頻繁に操作する機能ではないと考えられる。各車載ナビで「目的地設定」機能数と「情報」

機能数を足し、「目的地設定」機能数と「情報」機能数の合計に関して今回調査した車載ナビ5種類の平均を取ると約80機能であった。

以上のことから、ドライバー習熟促進要件に関する検討では、メニュー階層数と各階層におけるボタン数による総機能数を80と想定し、車載ナビのインターフェースプロトタイプを作成した。

(2) メニュー階層構造に基づくドライバー習熟適応性の年齢による比較

1. 実験装置

これまでの実験で用いられたものと同じDSを利用した。実験コースは、5.3.1項のDS実験と同様であった。交通条件に関して、自車の前後に先行車と後続車がそれぞれ1台ずつ存在した。先行車および後続車の速度は、40km/hを期待値にランダムかつ滑らかに変動した。被験者の運転行動、車載ナビ操作行動や視認行動を記録するため、運転席の左後方に小型CCDカメラ1台が設置され、ダッシュボード上に小型DVカメラ1台が設置された。

本実験では、メニュー画面とリモコンによる連動機能を備えた車載ナビの模擬装置を作成した。図5.61に実験で用いた車載ナビを示す。液晶モニターは8.4インチTFTカラーモニター（タッチパネル機能付）を利用したが、実際の車載ナビで利用されており、これまでの実験でも使用してきた7インチワイド型液晶モニターの画面表示サイズと同じ大きさに画面表示を制限した。



図 5.61 本実験で用いた車載ナビ

2. 操作タスク

本実験では、車載ナビのメニュー操作を想定した4種類の操作タスクを設定した。メニューの階層構造として、車載ナビの機能数を80としてメニュー階層数と1階層におけるボタン数を決定した。各操作タスクの0階層の画面表示は図5.62に示すように共通とした。図5.63に操作タスク1~4のメニュー階層構造を示す。操作タスク1は2階層で、各階層のボタン数は9であった。操作タスク2は3階層で、1階層目のボタン数は8、2階層目のボタン数は5、3階層目のボタン数は2と階層が進むにつれボタン数が少なくなる構造であった。操作タスク3は3階層で、1階層目のボタン数は2、2階層目のボタン数は5、3階層目のボタン数は8で、操作タスク2とは逆に階層が進むにつれボタン数が多くなる構造であった。操作タスク4は4階層で、各階層のボタン数は3であった。

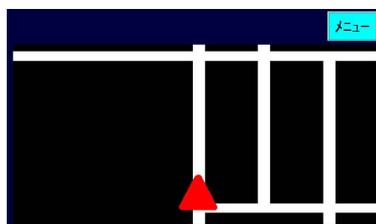


図 5.62 各操作タスクにおける0階層目の画面

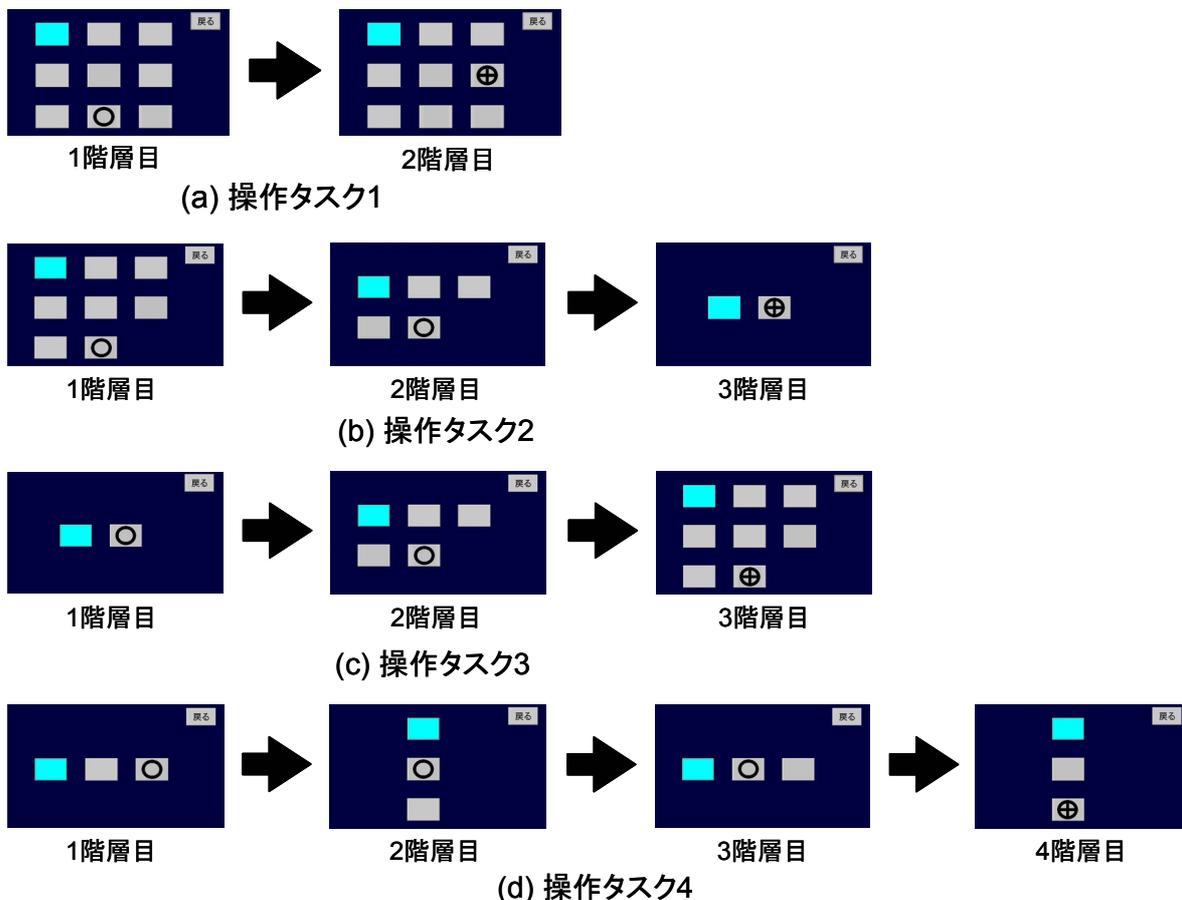


図 5.63 各操作タスクにおけるメニュー階層構造

本実験では、車載ナビ操作におけるドライバー習熟適応性に焦点を当てるため、実際の車載ナビのように各ボタンに機能名称は付けず、機能名称から目的の機能ボタンを探索するという認知・判断に係わる要素を除外する工夫を行った。本実験で用いた車載ナビのインターフェースは、車載ナビのメニュー階層構造がドライバー習熟適応性に与える影響を分析するためのものであり、本実験で得られた知見をそのまま市販の車載ナビに適用できるものではなく、あくまでドライバー習熟適応性を考慮できるメニュー階層構造の設計指針を検討することが目標である。

3. 被験者

被験者は、若年被験者2名（年齢：23歳）と高齢被験者4名（年齢：66歳～71歳，平均年齢68歳）であった。いずれの被験者も1週間に数回程度の日常的な運転経験があり，運転能力は問題なかった。また被験者全員，車載ナビの利用経験はなかった。

本実験では、車載ナビのメニュー階層構造がリモコン使用時のドライバー習熟適応性に影響を及ぼすと予想しているが、リファレンスのためにタッチパネル使用時も実験条件として加えた。そこで、表5.15に示すように各被験者にリモコンまたはタッチパネルを割り当てた。

表 5.15 被験者の割り当てと年齢一覧

入力デバイス	被験者	被験者の年齢
リモコン	高齢被験者A	66
	高齢被験者B	71
	若年被験者A	23
タッチパネル	高齢被験者C	68
	高齢被験者D	67
	若年被験者B	23

4. 評価項目

5.3.1 項における車載ナビ操作のドライバー習熟適応性評価に有効と示唆された指標である、総視認時間，操作タスクの所要時間，RNASA-TLXによる精神的作業負担の主観的評価を測定した。測定方法は、5.3.1 項に示した内容と同一であった。

5. 実験手順

はじめに、停車時における操作タスクの計測を行い、停車時の操作タスクに関する主観的評価を行った。続いて、走行しながらの操作タスクを行い、走行時の操作タスクに関する主観的評価を行った。実験を行う操作タスクの順序は被験者によってランダムに変更した。停車時および走行時における操作タスク1~4を1セットとし、各被験者に対して12セットの実験を行った（1日1セット、計12日間）。

6. 実験結果

6-1 視認行動

図5.64に液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果を示す。若年被験者では、リモコン使用時、タッチパネル使用時とも実験回数の増加に伴い、全体的に総視認時間は減少する傾向が見られたものの、実験回数後期においても総視認時間が増加する場合もあった。

高齢被験者では、タッチパネル使用時において、実験回数の増加に伴いわずかながら総視認時間の減少傾向が見られた。しかし、実験回数の増加に伴う減少傾向には被験者による個人差がみられた。高齢被験者Dは操作タスク1および操作タスク3では若年被験者Bとほぼ同様の傾向を示したが、高齢被験者Cはどの操作タスクにおいても、若年被験者Bより全実験回数を通じて総視認時間は長く、操作タスク4を除いて、実験回数2回目以降あまり総視認時間は変化しなかった。

リモコン使用時においては、実験回数の増加に伴う減少傾向はあまり見られなかった。高齢被験者Aは実験回数後期において若年被験者Aと同等の総視認時間を示す場合があったが、高齢被験者Bは若年被験者Aに比べて、ほとんどの実験回数を通じて総視認時間は長かった。

各操作タスク間で比較すると、若年被験者、高齢被験者共にリモコン使用時、タッチパネル使用時とも操作タスクの階層数が増加するにつれ総視認時間が増加する傾向が見られた。若年被験者／高齢被験者およびリモコン使用時／タッチパネル使用時によらず、操作タスク4での総視認時間の方が操作タスク1での総視認時間よりも長い傾向を示した。

第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用

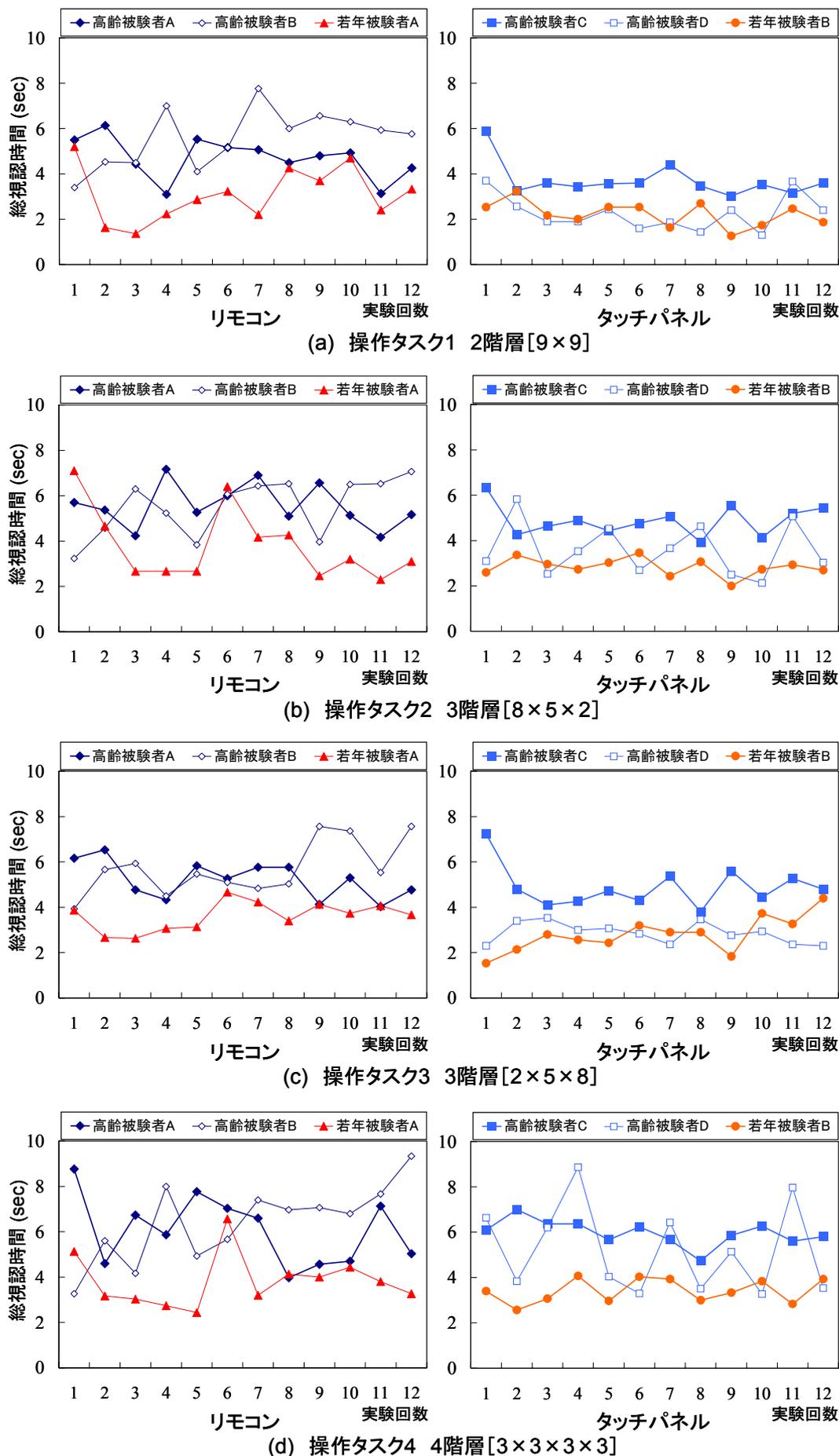


図 5.64 液晶モニターおよびリモコンに対する総視認時間の結果

6-2 車載ナビの操作行動

図 5.65 に走行時における操作タスクの所要時間の結果を示す。若年被験者では、タッチパネル使用時において、実験回数 3 回目以降ほぼ操作時間が一定となる傾向が見られた。リモコン使用時においては、実験回数中期に若干所要時間が増加したが、実験回数 9 回目以降、低い値に安定する傾向が見られた。

高齢被験者では、タッチパネル使用時において、全実験回数を通じて若年被験者に比べて所要時間が長い傾向が見られた。高齢被験者 D は、実験回数によらず突発的に所要時間が長くなる場合があった。

高齢被験者のリモコン使用時においては、特徴的な個人差が見られた。高齢被験者 A は全実験回数を通じて、若年被験者 A での所要時間の結果とほとんど変わらない傾向を示した。一方、高齢被験者 B は実験回数の増加に伴い所要時間は減少せず、操作タスクによってはむしろ所要時間が増加した。

各操作タスク間で比較すると、総視認時間の結果と同様に、若年被験者および高齢被験者共にリモコン使用時、タッチパネル使用時とも操作タスクの階層数が増加するにつれ所要時間が増加する傾向が見られた。

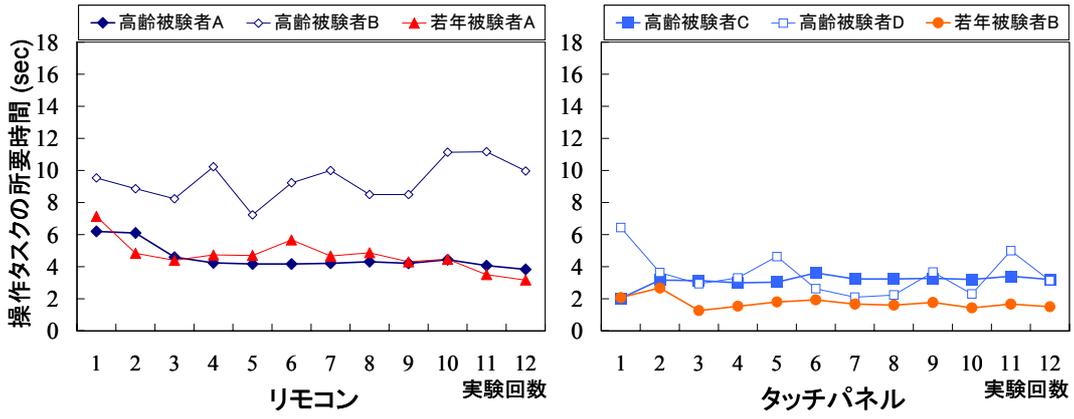
6-3 主観的評価

図 5.66 に走行時における RNASA-TLX の結果を示す。タッチパネルを使用した場合、高齢被験者 D および若年被験者 B は実験回数 2 回目以降、精神的作業負担はほとんど 0 と評価した。高齢被験者 C での精神的作業負担は、突発的な増加はあるものの、実験回数の増加に伴い緩やかに減少した。

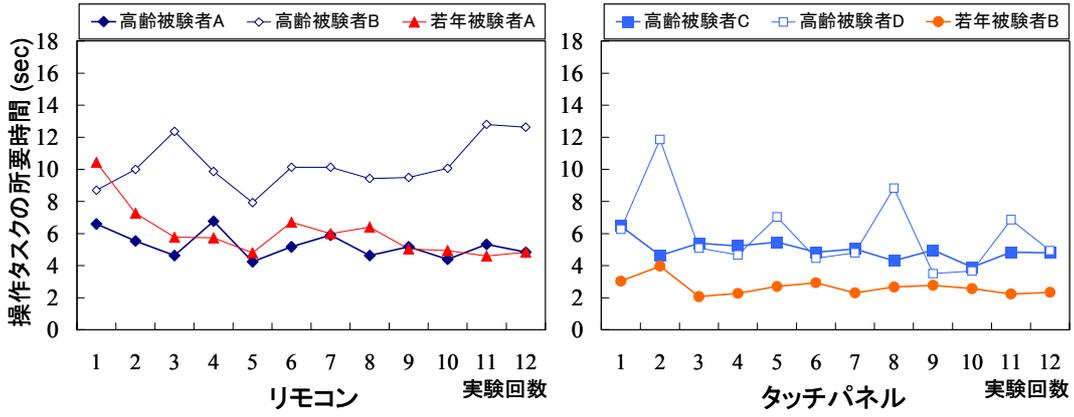
リモコンを使用した場合、若年被験者 A は実験回数の増加に伴い精神的作業負担は減少傾向を示した。高齢被験者では、実験回数の増加に伴い緩やかな減少傾向が見られた。高齢被験者 A は実験回数後期で若年被験者 A と同等の結果となったが、高齢被験者 B は実験回数後期で若年被験者と比べて精神的作業負担は高かった。

各操作タスク間で比較すると、高齢被験者 B, C, D および若年被験者 B はどの操作タスクでも同様の傾向を示した。高齢被験者 A および若年被験者 A は総視認時間、所要時間の結果と同様に、操作タスクの階層数が増加するにつれ、精神的作業負担が高くなる傾向が見られた。特にこの傾向は実験回数後期で顕著であった。

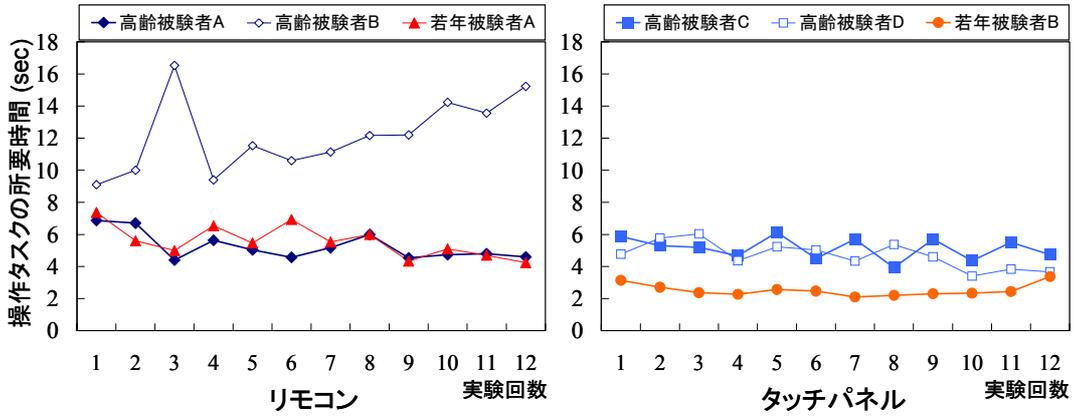
第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用



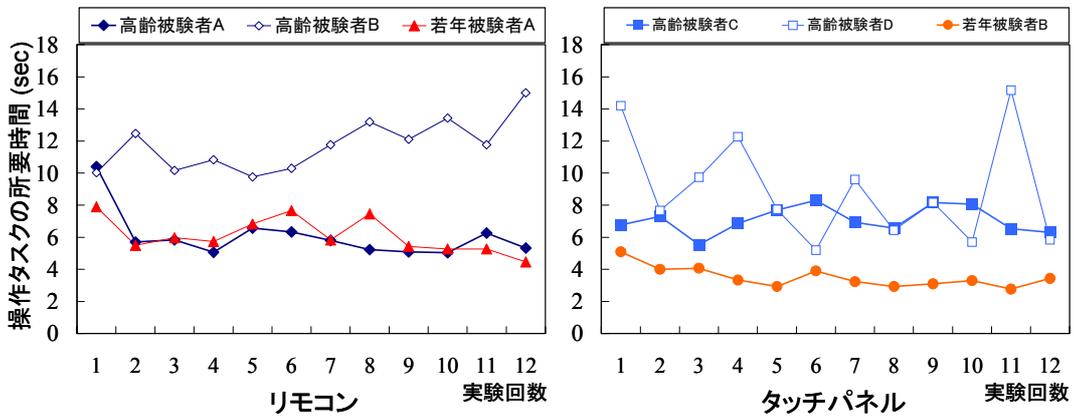
(a) 操作タスク1 2階層[9×9]



(b) 操作タスク2 3階層[8×5×2]



(c) 操作タスク3 3階層[2×5×8]



(d) 操作タスク4 4階層[3×3×3×3]

図 5.65 走行時における操作タスクの所要時間の結果

第5章 ITSの高齢化対応インターフェース検討への適用

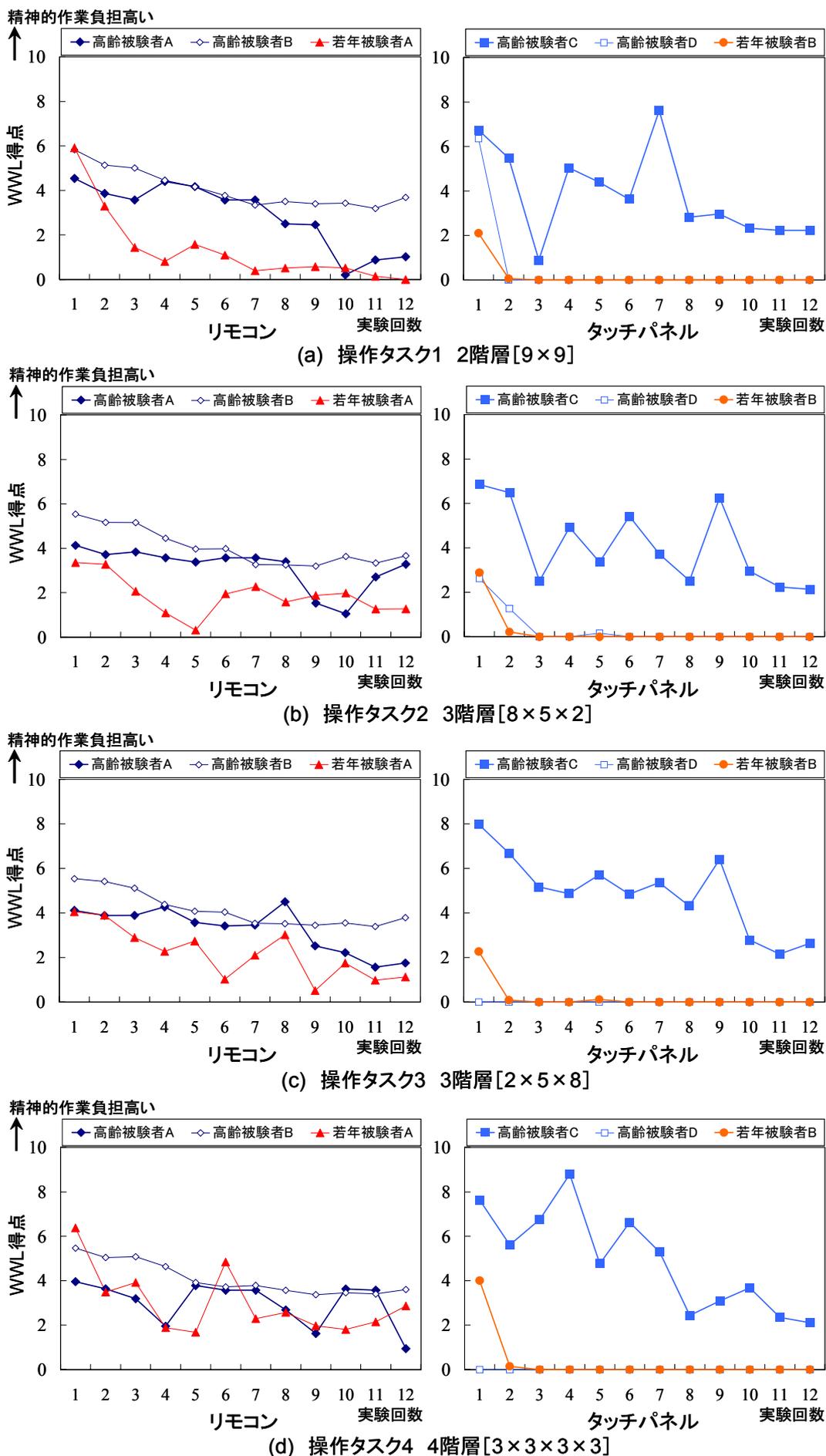


図 5.66 RNASA-TLX の結果

7. 若年ドライバーの習熟適応性に関する考察

実験回数後期における若年被験者の操作タスクの所要時間は、タッチパネル使用時では、最も短い操作タスク1で約2sec、最も長い操作タスク4でも約4secであり、リモコン使用時では、最も短い操作タスク1で約4sec、最も長い操作タスク4でも約5sec程度であった。6.1.1項における市販の車載ナビを用いた検討では、最も難易度の低い操作タスクAのタッチパネル使用時、リモコン使用時における実験回数後期での操作タスクの所要時間は、それぞれ約7secと約12secであった。このように本実験での操作タスク所要時間は、市販の車載ナビを用いた場合に比べて約1/3に短くなっていた。

本実験では、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性にメニュー階層構造の及ぼす影響を検討するため、メニューの各ボタンに機能名称を表示していないインターフェースを作成した。これは、車載ナビの操作的側面に焦点を当てるため、車載ナビ画面で選択すべきボタンを機能名称から連想して探す作業を省くためであった。選択すべきボタンのみに目立つ表示をすることで、被験者はどのボタンを選択すべきかすぐに判断できたと思われる。しかし、このように目的となるボタンのみに目立つ表記をした簡易車載ナビの操作は非常に簡単なタスクとなってしまったため、メニュー階層構造によらず、操作タスクの所要時間が大きく減少したと考えられる。

以上のように、本実験での操作タスクは、若年被験者にとって非常に簡単なものであったため、市販の車載ナビを用いた検討とは異なった特徴が総視認時間の結果に見られたと考えられる。本実験で操作タスクを行う道路環境は直線道路部であったため、運転作業も非常に簡単なものとなっていた。車載ナビの操作タスク、運転タスクとも簡単なタスクであったため、ある程度視認時間が長くなっても運転行動にはほとんど影響しなかった。この傾向が、実験者による観察からは確実に車載ナビ操作に習熟していると思われる実験回数後期においても、総視認時間が増加する場合があったことの原因と考えられる。

操作タスクの所要時間およびRNASA-TLXによる精神的作業負担の主観的評価の結果から、各操作タスク間における若年ドライバーの習熟適応過程を比較すると、習熟に至る実験回数の早さはどの操作タスクでもほとんど変わらなかった。タッチパネル使用時では実験回数3回目以降ほとんど一定となり、リモコン使用時では、実験回数中期で所要時間、主観的評点が多少増加したが（習熟中期における特徴。6.1.1項での検討参照.）、実験回数9回目以降低い値に収束する傾向が見られた。このことから、車載ナビ操作のドライバー習熟適応性に対するメニュー階層構造の及ぼす影響として、メニュー階層構造は車載ナビ操作の習熟の早さにはほとんど影響を与えないことが示唆される。

習熟したときの値を比較すると、操作タスク2および3はほとんど変わらなかった。一方、操作タスク1は操作タスク2,3に比べて所要時間、主観的評点とも若干低く、操作タスク4は操作タスク2,3に比べて所要時間、主観的評点とも若干高かった。つまり、操

作タスクの階層数が増加するにつれ、習熟時における指標の値が増加する傾向が見られた。

今回は車載ナビの総機能数を約80と想定し、1画面に表示するボタン数は最大で9つであったが、1画面のボタン数が最大9つ程度であれば、1画面に表示するボタン数よりもある機能を達成するまでの階層数の方が習熟状態におけるドライバー行動に影響を与え、階層数が少ないインターフェースの方が習熟後に短い時間でまた少ない負担で車載ナビの操作ができると示唆される。

本実験結果より、車載ナビのドライバー習熟促進要件として、習熟の早さに影響を及ぼすのは、ドライバーの操作的側面ではなく認知的側面であると考えられ、選択すべきボタンを判断するためのボタン表記内容が、車載ナビにより早く習熟するためには考慮すべき要因であると考えられる。

8. 高齢ドライバーの習熟適応性に関する考察

リモコン使用時の高齢被験者の結果には個人差が見られ、高齢被験者Aは全実験回数を通じて、特に所要時間の結果に関して若年被験者とほとんど変わらない傾向を示したものの、高齢被験者Bは各評価指標に実験回数の増加に伴う減少傾向はあまり見られず、総視認時間や所要時間は実験回数後期に実験回数初期よりも増加する傾向が見られた。高齢被験者Bの主観的習熟度の結果は、RNASA-TLXの結果と同様の傾向を示し、実験回数後期においても主観的習熟度は3~4程度で、非常に慣れたとは評価していなかった。また停止時における操作タスクの所要時間の結果に関して、走行時における操作タスクの所要時間の結果と同様に実験回数後期においても、停止時の所要時間は実験回数初期に比べて減少していなかった。

高齢被験者Bは実験回数12回では車載ナビ操作に習熟できなかつたと考えられ、高齢ドライバーの中にはリモコン操作にまったく習熟できない場合もあることが示唆される。

一方、高齢被験者Aは、各評価指標の結果から、実験回数の増加に伴い車載ナビ操作に習熟していると考えられる。しかし、高齢被験者Aは操作タスクの所要時間のほとんどを車載ナビへの視認時間に当て、また視認回数は各操作タスクとも1,2回程度で、車載ナビを操作する際は常に車載ナビを注視し、前方を見ながら車載ナビを操作するという若年ドライバーの習熟後期に見られた特徴は、高齢被験者Aには見られなかった。

この原因として、ある程度視認時間が長くなっても確実に車載ナビの操作タスクを行うという意識を持っていたため、または車載ナビ操作と運転操作を両立するという意識がなかったため、もしくは車載ナビ操作と運転操作を両立したかったが加齢による心身機能の変化から車載ナビのブラインド操作ができなかつたためと考えられるが、どの原因によるものなのかは今後検討する必要がある。

本実験結果から、高齢ドライバーが車載ナビを操作する際は車載ナビに注意を集中してしまうことを前提として、操作時間が短いタッチパネルの方がリモコンよりも車載ナビの入力デバイスとして、操作時における安全性の確保に有効であると示唆される。

タッチパネル使用時の高齢被験者の結果には、リモコン使用時ほど個人差は見られなかったものの、高齢被験者Dは、高齢被験者Cと異なり実験回数によらず突発的に総視認時間および所要時間が増加する場合が見られた。実験後のインタビューから高齢被験者Dは、「今日は指がスムーズに動いた」「今日はうまく指を動かせなかった」という意見が聞かれた。今回は、操作タスク1~4を1セットとして、1日1セットを合計12日間で行ったが、高齢被験者Dはその日の体調などから指や腕の動作をスムーズに行えたり行えなかったりで、実験日による動作のスムーズさ、つまり実験日による心身状態の変化が車載ナビ操作の習熟適応性に影響を及ぼしたと示唆される。

5.3.3 車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応性のまとめ

市販の車載ナビを用いたドライバー習熟適応性の評価指標の検討から、総視認時間および操作タスクの所要時間という車載ナビ操作に関するマクロ的な評価指標により、交通環境や交通条件によらずドライバー習熟適応性を評価できることが示唆された。この評価指標を基に車載ナビ操作時のドライバー習熟適応過程を検討したところ、車載ナビ操作をミス無く行うことを目標とする習熟初期、車載ナビ操作と運転操作の両立を目標とする習熟中期、より安全な運転操作を目標とする習熟後期という3段階に分類できると示唆された。

車載ナビのメニュー階層構造がドライバー習熟適応性に及ぼす影響の検討から、車載ナビ使用時における操作過程に着目すると、メニュー階層構造は車載ナビ操作の習熟の早さにはほとんど影響を及ぼさないこと、1画面に表示するボタン数が最大9つ程度であれば、1画面に表示するボタン数よりもある機能を達成するまでの階層数の方が、習熟状態での車載ナビ操作行動への影響が大きいと示唆された。またこの傾向は、若年ドライバーと共に高齢ドライバーでも見られたが、高齢ドライバーはリモコンに対してほとんど習熟しない場合もありうること、また使用日時による心身状態の変化が車載ナビ操作に影響を及ぼす可能性も示唆された。

5.4 本章のまとめ

今後の高齢化社会の進展を想定し、高齢ユーザにとっても使いやすいITSのインターフェース検討方法として、ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討フローを提案した。加齢による認知・判断過程に係わる機能変化を想定し、推定したユーザの認知プロセスから、認知・判断過程における負担を軽減できると予想される新しい情報提示を検討した。

狭路走行支援システムの位置関係情報使用時におけるドライバー認知プロセスから、位置関係情報からステアリング操作量を判断する負担を軽減するため、推奨経路通りに走行するためのステアリング操作情報を提示するインターフェースを検討し、高齢ドライバーに対する有効性を評価した。本実験結果より、ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法により、加齢による認知・判断機能の変化が懸念される高齢ユーザに対してユーザビリティの高い狭路走行支援システムのインターフェースを検討できることが示唆された。

使用日数の経過によるユーザの習熟適応性を考慮したインターフェースの基礎研究として、車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性を検討した。

市販の車載ナビを用いたドライバー習熟適応過程の分析から、交通条件による影響を受けないドライバー習熟適応性の評価指標として、総視認時間と操作タスクの所要時間が示唆された。また車載ナビ操作時のドライバー習熟適応過程は、車載ナビ操作をミス無く行うことを目標とする習熟初期、車載ナビ操作と運転操作の両立を目標とする習熟中期、より安全な運転操作を目標とする習熟後期という3段階に分類できることが示唆された。

車載ナビのメニュー階層構造がドライバー習熟適応性に及ぼす影響として、メニュー階層構造は車載ナビ操作の習熟の早さにはあまり影響しないが、習熟後のドライバー行動に対してはある機能を達成するまでの階層数が影響を及ぼすと示唆された。またこの傾向は、若年ドライバーと共に高齢ドライバーでも見られる可能性が示唆された。

本研究より、狭路走行支援システムのみではなく、運転中にドライバーへ支援情報を提供するITSの運転支援システムの高齢化対応インターフェースを検討する際に、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法が有効であると考えられる。また運転中にドライバーとの操作によるインタラクションがある運転支援システムに対して習熟適応性を評価する際には総視認時間と操作時間が有効であり、メニュー階層数が少ないインターフェースに対して、習熟適応後のドライバー操作性の向上が示唆される。

第 6 章 情報家電の高齢化対応インターフェース検討への適用

6.1 情報家電使用時の認知プロセスおよび習熟適応性の概要

本章では、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フローが、移動支援機器の高齢化対応インターフェースの検討だけではなく、生活支援機器の高齢化対応インターフェースの検討にも適用できるかを検証するため、同一の方法を用いて情報家電の高齢化対応インターフェースを検討する。

2.3 節で示したように、情報家電が数多くの家庭に普及していき、様々な家電（例えば、テレビ、ビデオ、エアコンなど）がネットワークに接続され、従来個別に操作していた複数の機器を 1 つの端末から操作可能になると予想される。各家電のネットワーク化により複数の家電を 1 つの端末（以降、「(情報家電)コントロール端末」と称す。）から操作可能になることで、各部屋の照明 ON/OFF の設定をリモートで操作できるなど機能的な利点は様々に考えられるが、HMI 観点からの利点として、予約機能や各種設定など各家電に共通の機能に関するインターフェースの共通化が挙げられる。

高齢ユーザにとって、これまで各家電で操作していたときは、それぞれの家電での独自の操作方法を覚える必要があり、結局どの家電も使いづらい、使えないことが問題となっていた。情報家電コントロール端末から各家電を操作することで、このような問題を解決できると期待される。

はじめに、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フローを情報家電コントロール端末に適用し、高齢ドライバーにとっても使いやすい情報家電コントロール端末のインターフェースを検討する。次に、情報家電コントロール端末のインターフェースがユーザ習熟適応性に及ぼす影響の基礎検討として、機器購入後初めて使用する場合のユーザ行動と 2 回目に使用する場合のユーザ行動を比較する。ここでは、情報家電コントロール端末のインターフェースが計 2 回にわたるユーザ習熟適応性に与える影響の年齢による比較・検討を行う。

情報家電の使用はユーザー情報家電の閉ループ制御系であることから、情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ認知プロセスを一般化すると図 6.1 のように示される（具体的に情報家電コントロール端末のインターフェースを用いた場合の認知プロセスに関しては 6.2 節で述べる）。本研究では、高齢ユーザの加齢による認知・判断機能の変化を考慮して、認識、判断・予測過程における負担軽減（効率化）を目指した新たな情報提

第6章 情報家電の高齢化対応インターフェース検討への適用

示／情報提供方法を検討する。家電として、炊飯器、エアコン、ビデオを取り上げ、各家電に共通する機能として予約機能に着目し、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討フローの第1段階として、各家電の実機使用時におけるユーザ認知プロセスを推定する。

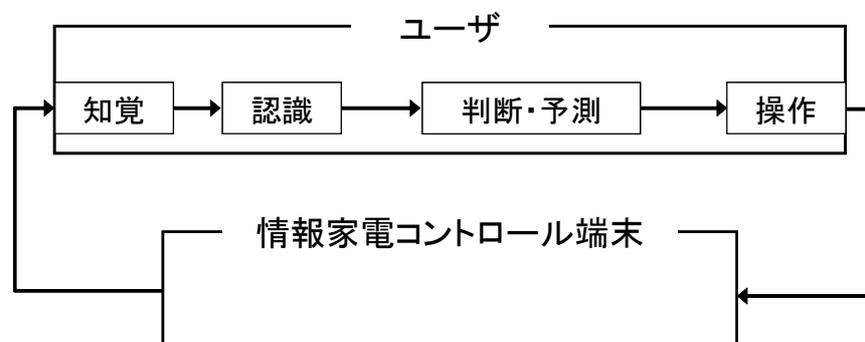


図 6.1 情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ認知プロセス(一般化)

図 6.2 に、使用日数の観点からの情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ習熟適応性の概念モデルを示す。図 5.2 に示した車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応性と比較して、コントロール端末は毎日使用することから使用日が連続し(多く)、結果として使用日数がより長いと考えられる。本研究では、習熟適応性の基礎検討として、機器購入後初めて使用する場合と2回目に使用する場合を想定し、計2回にわたる習熟適応性を検討する。ここでは、ユーザ習熟適応性により認識過程および判断・予測過程にどのような変化が見られるのかに関して年齢による比較・検討を行う。

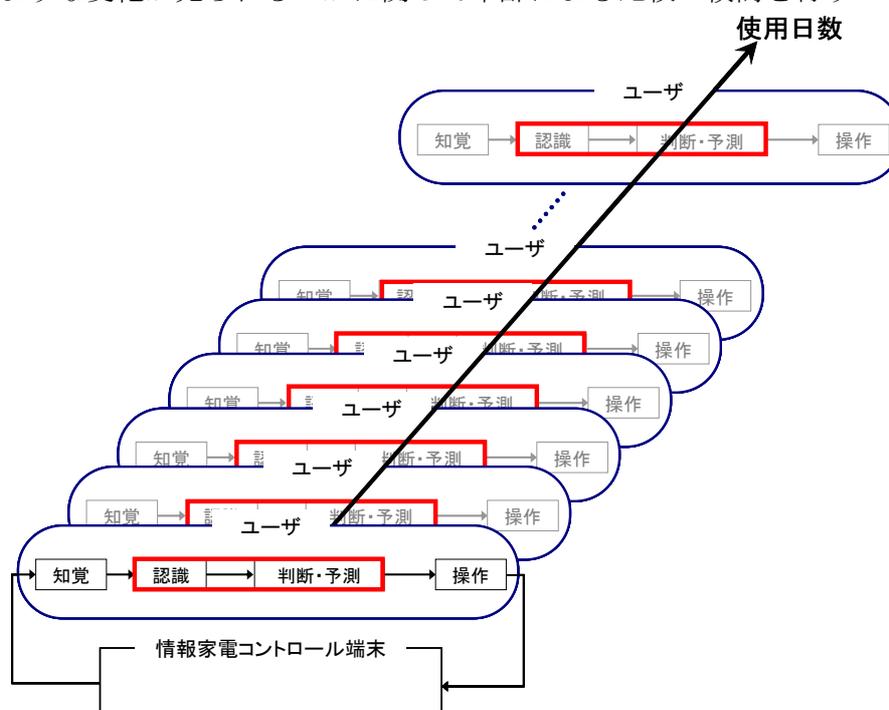


図 6.2 情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ習熟適応性の概念モデル

6.2 認知プロセスを活用した情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェースの検討

本研究では、家電として炊飯器、エアコン、ビデオを取り上げ、各家電に共通する機能として予約機能に着目する。はじめに、各家電の実機を使って予約設定を行う際、どのような問題点があるのか調査する。

6.2.1 実機を用いた調査

(1) 実験概要

炊飯器、エアコンのリモートコントローラおよびビデオのリモートコントローラを使って予約設定を行った。各設定内容を表 6.1 に示す。

表 6.1 各家電における予約設定内容一覧

	設定内容	設定項目		設定内容	設定項目
炊飯予約	おこわ	炊飯モード	ビデオ録画予約	直接入力	予約方法
	午前8時	炊飯時刻		毎週月曜日	録画日
エアコンタイマー予約	冷房	エアコンモード		4ch	録画チャンネル
	26度	設定温度		20時	開始時刻
	14時	入り時刻		22時	終了時刻
	16時	切り時刻		3倍	録画モード
				CMカット	オプション

炊飯器、エアコンのリモートコントローラおよびビデオのリモートコントローラのインターフェースを図 6.3 に示す。



(a) 炊飯器



(b) エアコンのリモートコントローラ



(c) ビデオのリモートコントローラ

図 6.3 各家電のインターフェース

被験者は若年被験者 12 名（男性 6 名，女性 6 名）と高齢被験者 12 名（男性 6 名，女性 6 名）であった。平均年齢は，若年被験者は 21.4 歳（20 歳～24 歳）で，高齢被験者は 70.2 歳（66 歳～75 歳）であった。各家電の日常生活での使用経験（若年被験者，高齢被験者とも実験で用いたものと同じインターフェースではなかった。）に関して，若年被験者は全員，炊飯器，エアコン，ビデオの何らかの機能（電源 ON/OFF を含む）の操作経験があった。一方，高齢被験者では，炊飯器，エアコンに関しては何らかの機能（電源 ON/OFF を含む）の操作経験が全員あったものの，ビデオに関しては全員一度も使用したことがなかった。各家電による予約設定の日常生活での経験に関して，若年被験者では，炊飯予約は 12 名中 5 名，エアコンタイマー予約は 12 名中 3 名，ビデオ録画予約は 12 名中 4 名が週に数回程度の使用頻度であった。一方，高齢被験者では，全被験者とも各家電による予約設定の経験はなかった。

各予約設定に関して，初めて機器を使用する場合を想定し，特に使用方法などは教示しなかった。実験中，被験者の後方からデジタルビデオカメラで被験者の操作行動や操作中の発話を記録した。

(2) 実験結果

炊飯予約，エアコンタイマー予約，ビデオ録画予約に関して，途中の操作ミスも含めて最終的に正しく操作タスクを設定できた高齢被験者数は0名であった．全若年被験者中，途中の操作ミスも含めて最終的に正しく操作タスクを設定できた若年被験者数の割合（操作タスク完了者割合）を図6.4に示す．炊飯予約，エアコンタイマー予約，ビデオ録画予約と設定項目数が増えるにしたがって，操作タスク完了者割合は減少している．ビデオ録画予約タスクを達成できた若年被験者は計1名であり，ビデオ録画予約の経験者であった．炊飯予約，エアコンタイマー予約に関しては，各予約設定の経験者が必ずしもタスクを完了できた訳ではなかった．

最も設定項目数が少ない炊飯予約も5割以下の操作タスク完了者割合であり，家電の予約設定は高齢ユーザのみならず若年ユーザにとっても正しくタスクを完了できない機能となっていることが明らかとなった．

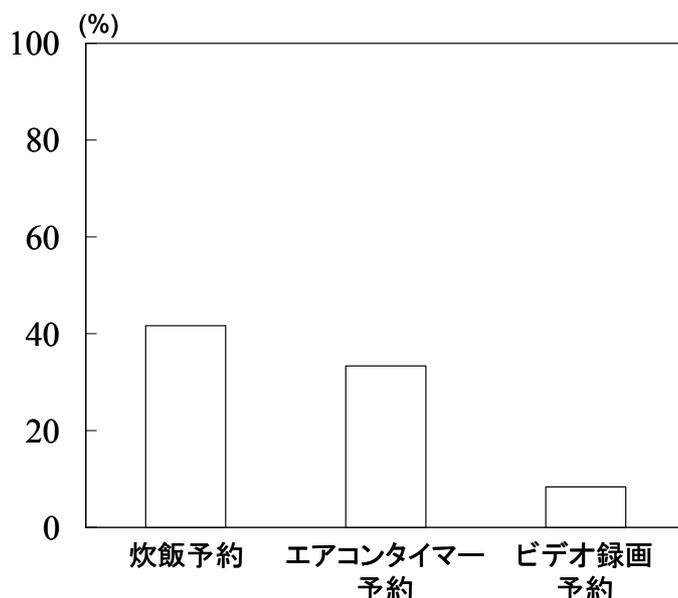


図6.4 実機による操作タスク完了者割合：若年被験者

高齢被験者は全員，予約設定タスクを完了できず，また若年被験者も半数以上がタスクを正しく完了できなかった理由として，各家電のインターフェースとも予約設定に関するボタン以外のボタンも配置され，また省スペース化の目的から1つのボタンに様々な機能が割り当てられているため，全てのボタンの中からどのボタンで予約設定ができるのかが分からなかったためと考えられる．またそのボタンをどのような順序で操作していくのかが分からなかったのも一因と思われる．

特に，家電毎にボタンの表記や操作手順が異なっていることが予約設定を行えない要因になっていると考えられる．今回，炊飯予約，エアコンタイマー予約の設定項目数は2つと4つで，エアコンタイマー予約は炊飯予約に比べて，設定温度と，終了時刻の2項目が

増えただけであったが、炊飯予約を達成できた被験者が必ずしもエアコンタイマー予約を完了できた訳ではなかった。(逆も同様で、炊飯予約はできなかったが、エアコンタイマー予約はできた被験者もいた。)炊飯予約で炊飯モードを設定するには、炊飯器のインターフェースの“メニュー”というボタンを押して炊飯モードを変更する。つまり、炊飯器では炊飯モード設定をメニューと表記している。一方、エアコンタイマー予約でエアコンモードを設定するには、エアコンのリモートコントローラの“運転切替”というボタンを押す。ここではエアコンモード設定を運転切替と表記している。また、炊飯予約をする際の手順は、はじめに“予約”ボタンを押してから、炊飯モード、炊飯時刻を設定する。一方、エアコンタイマー予約では、エアコンモード、設定温度、入り/切り時刻を設定してから最後に“予約”ボタンを押す。

このように、同じような機能にもかかわらず、家電によってボタン表記が異なっていること、また操作手順が異なっていることが、各家電の予約設定を正しく完了できない原因と考えられる。

6.2.2 実機使用時のユーザ認知プロセスの推定

家電の実機を用いた調査結果より、家電使用時におけるユーザ認知プロセスを図6.5に示すように推定した。家電使用時においてはユーザと家電の閉ループ制御となっている。ユーザは家電に配置された様々なボタンの中から、実行したい機能に関するボタンを認識する。そして、機能設定に必要な各ボタンの操作手順を判断し、またあるボタンを操作した後次に操作すべき項目や残りの設定項目を予測し、実際に操作を行う。認識過程、判断・予測過程では、想定している設定手順に照らし合わせて処理が行われる。

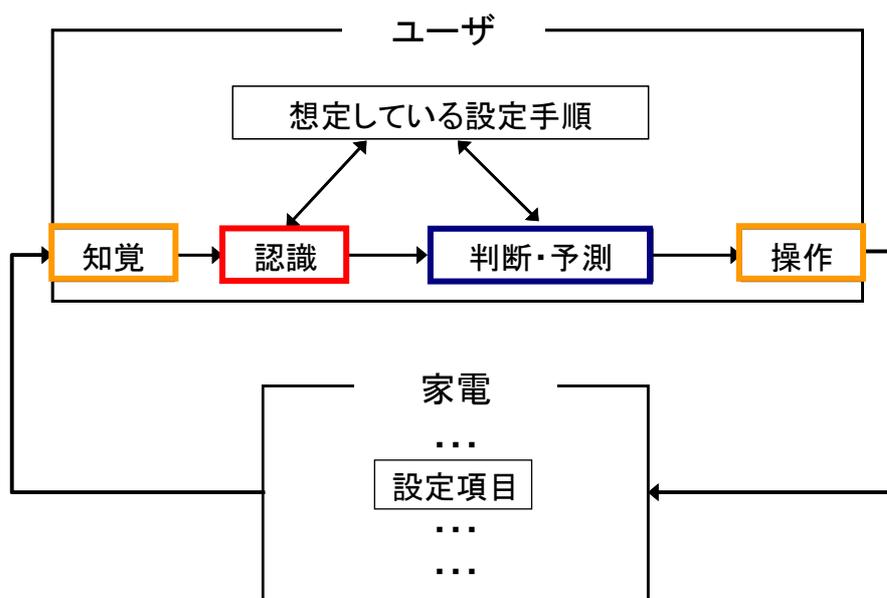


図 6.5 家電使用時におけるユーザ認知プロセス

6.2.3 情報家電コントロール端末のインターフェース提案

家電使用時におけるユーザ認知プロセスの推定を基に、各過程を効率化するための情報家電コントロール端末のインターフェースを検討する。知覚、操作過程に関してはハードウェア的な改善であるが、高齢被験者でも見やすく、操作しやすいという観点から、より大きな文字で表示でき、ボタン間隔を広く取れるタッチパネルディスプレイ（10.4インチ TFT 液晶）を使用する（図 6.6 参照）。



図 6.6 コントロール端末として使用するタッチパネルディスプレイ

認識過程の効率化として、家電の実機では、様々なボタンの中から実行したい機能に関するボタンを探す必要があった。そこで、コントロール端末の機能設定画面では、その機能に関する設定項目のみを表示する。つまり、予約設定であれば、予約設定画面において予約設定項目に関するボタンのみを表示する。

判断・予測過程の効率化に関して、設定手順を判断する負担を軽減するため、各設定項目を1つずつ順々に提示する。1つの画面に1つの設定項目だけの内容を表示し、その画面で設定し終えた後、次の画面に切り替えるという方法で、全設定項目を1つずつ順々に設定していくというものである。また次に操作すべき項目や残りの設定項目を予測する負担を軽減するために、各画面に全設定項目の手順流れ図を表示する。

このように、認識過程、判断・予測過程の効率化を目的としたコントロール端末のインターフェース使用時におけるユーザ認知プロセスは図 6.7 のように推定される。

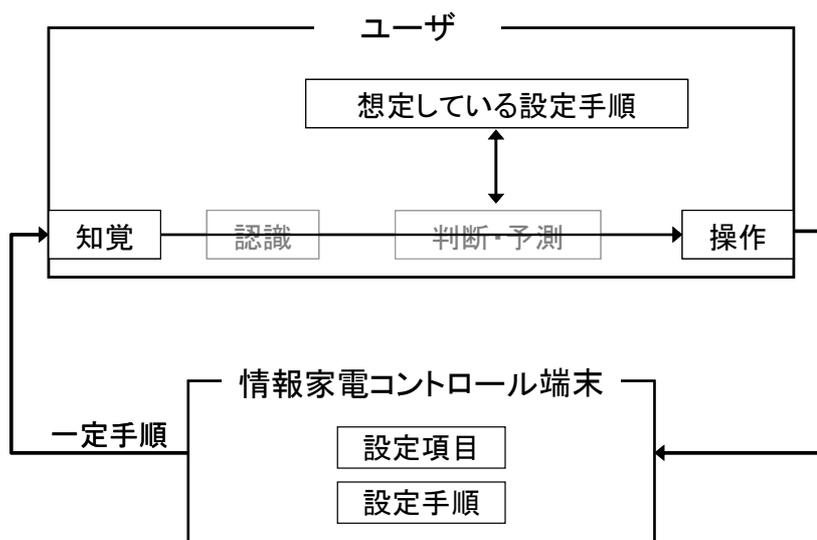


図 6.7 コントロール端末使用時におけるユーザ認知プロセス

家電使用時におけるユーザ認知プロセスの検討から、提案するコントロール端末のインターフェースを図 6.8 に示す。ここでは、コントロール端末で行う機能例として、家電の実機を用いた調査の時と同様に、予約設定（図 6.8 では炊飯予約とビデオ録画予約を例示）を取り上げる。

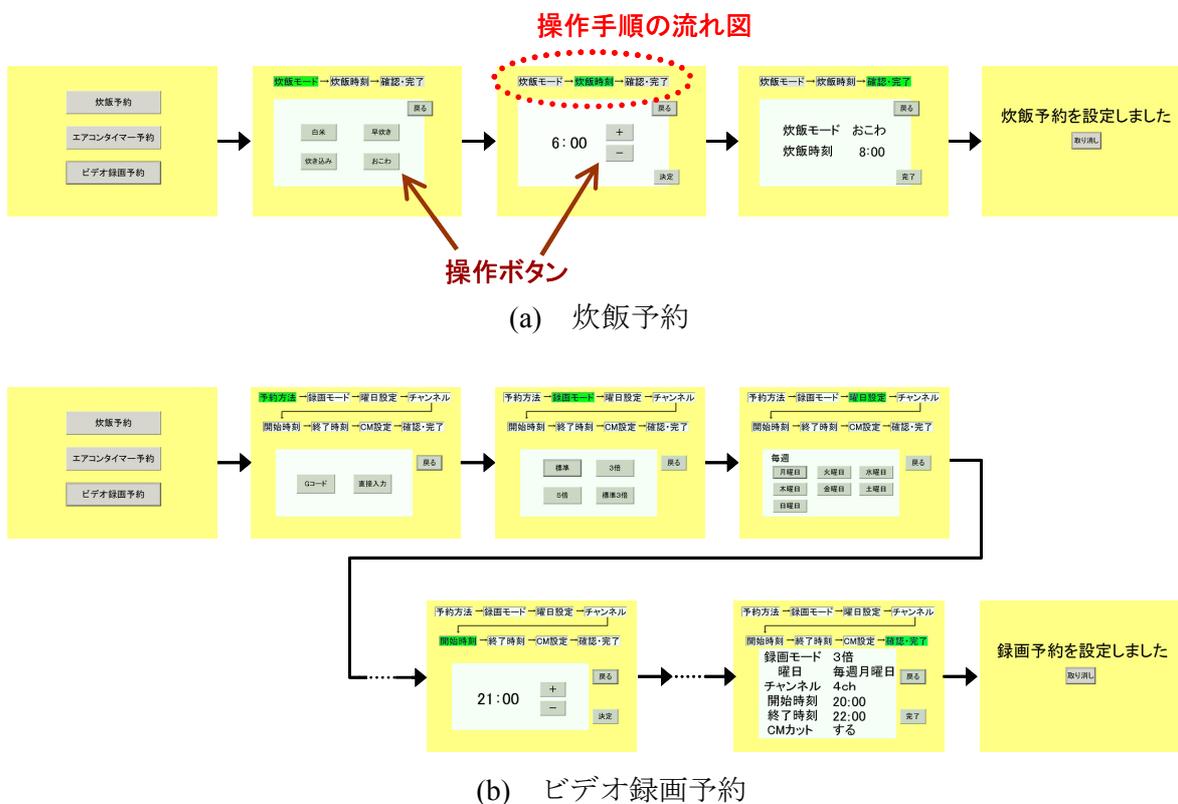


図 6.8 コントロール端末のインターフェースプロトタイプ

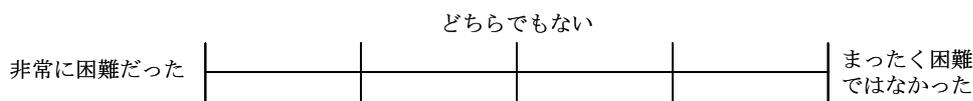
一連の操作手順の流れに沿って操作するインターフェースで、上部に操作手順の流れ図が表示されている。ユーザが各画面でボタンを選択すると自動的に次の画面に切り替わり、操作手順の流れ図における現在の設定項目の表示も連動して変化する[120]。以降、このインターフェースを「手順表示型インターフェース」と称す。

6.2.4 情報家電コントロール端末のユーザビリティ評価実験

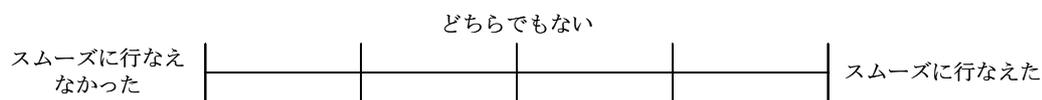
(1) 実験概要

手順表示型インターフェースを用いてユーザビリティ評価実験を行った。実機調査に参加した被験者の内、若年被験者6名（男性3名，女性3名）および高齢被験者6名（男性3名，女性3名）が参加した。操作タスクは、実機調査と同じ炊飯予約，エアコンタイマー予約，ビデオ録画予約であった。測定項目に関して，実験中，被験者の後方に設置したデジタルビデオカメラで被験者の操作行動や操作中の発話を記録した。実験終了後，このビデオ映像を基に操作タスク完了者割合，操作時間および操作ミス行動を抽出した。また各操作タスク終了後，図6.9に示すアンケートを行った。

Q1 予約操作を行なう際，各画面内容を理解するのは困難でしたか？



Q2 画面を見て次に行なうべき操作の判断をスムーズに行なえましたか？



Q3 操作をしながら不安になりましたか？

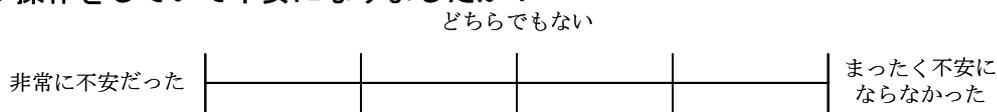


図6.9 実験で使用したアンケート

実機の調査時と同様に，はじめてコントロール端末を使用する場合を想定し，コントロール端末の使い方や設定方法に関する説明は行わなかった。各操作タスクで設定する内容の教示に関して，表などにして提示するとその表の順番に誘導される[121]ことを懸念し，図6.10に示すようなストーリーを提示し，実際に予約設定を実行する状況を被験者が思い描いて操作できるように工夫した。この状況説明文は操作タスク実行中常に被験者に提示されていた。

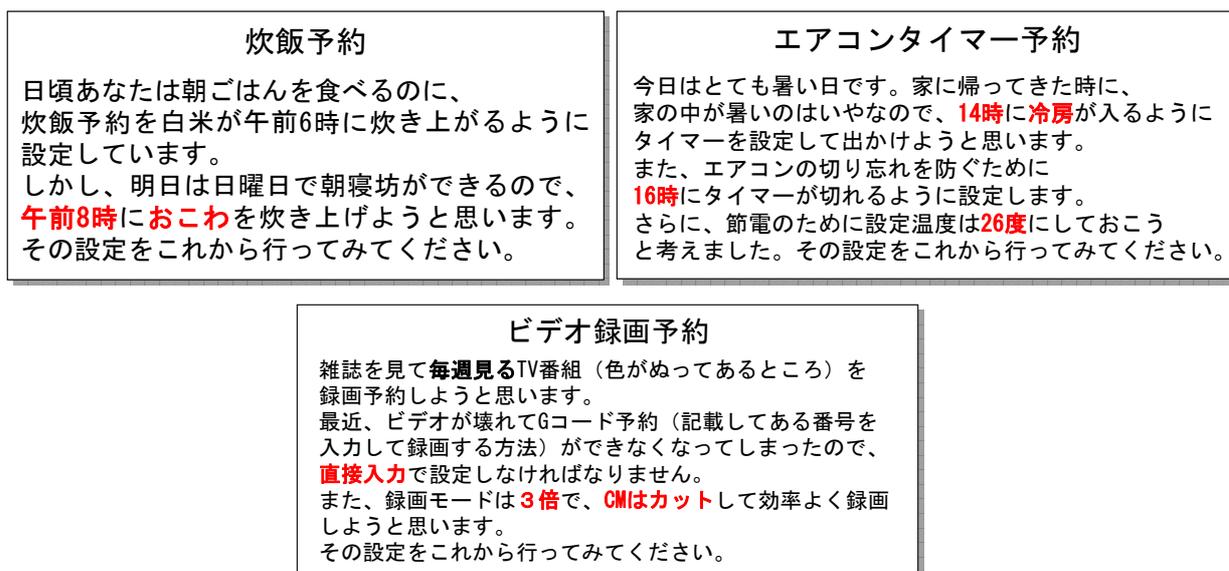


図 6.10 実験で使用した状況説明文

炊飯予約→エアコンタイマー予約→ビデオ録画予約と設定項目の少ないタスクから多いタスクの順に実験を行った。被験者には、操作中に思ったことをなるべく発話し、予約機能を達成できた時点で合図するように指示した。

(2) 実験結果

図 6.11 に操作タスク完了者割合（全被験者中、途中の操作ミスも含めて最終的に正しく操作タスクを完了できた被験者数の割合）の結果を示す。若年被験者は、実機の場合とは異なり、手順表示型インターフェースを用いることで全員が操作タスクを完了することができた。高齢被験者は、炊飯予約は全員が完了できたが、エアコンタイマー予約とビデオ録画予約の操作タスク完了者割合は約7割という結果となった。

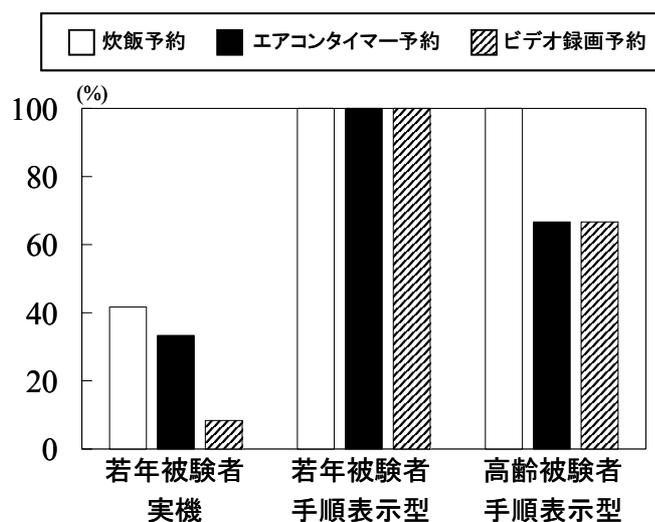


図 6.11 操作タスク完了者割合の結果

図 6.12 に操作タスクを完了できた被験者における操作時間の結果を示す。(なお、本実験では、各操作タスクの時間設定に関して、状況説明文に書かれた内容とは異なった時間を被験者が勘違いをして設定する場合が見られた。(例えば、午前8時を20時と勘違いなど)この設定時間の勘違いに関しては、インターフェースによる操作ミスではなく、被験者の思い違いによるミスであるため、このような被験者も操作タスク自体は完了できたとした。しかし、設定時間が異なると、正しい設定時間で操作した場合に比べて操作時間は異なってくるため、このような被験者の結果を操作時間の解析には含めなかった。以後、操作時間の結果は同様である。)操作時間は操作タスク開始から完了ボタンを押すまでの時間で、操作タスク実行中に状況説明文を注視した場合にはその注視時間を除いた。若年被験者は、手順表示型インターフェースを用いた場合、実機使用時に比べてどの予約設定タスクでも操作時間が大きく減少した。手順表示型インターフェース使用時の各操作タスク間の比較では、設定項目数が増加するにつれ、操作時間も増加する傾向が見られた。

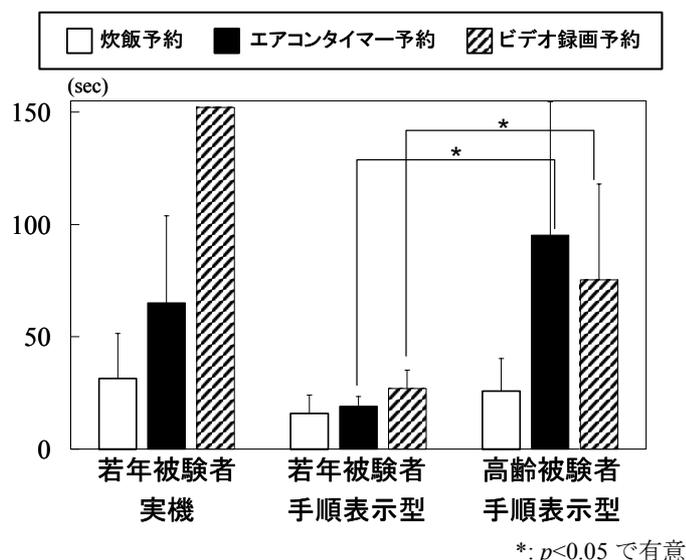


図 6.12 操作時間の結果 (*は t 検定の結果)

高齢被験者は、若年被験者に比べて全体的に操作時間が長かった。特に、炊飯予約に比べてエアコンタイマー予約、ビデオ録画予約の操作時間が長い傾向が見られた。また若年被験者に比べて標準偏差が大きく、被験者間でばらつきが大きいという特徴が見られた。

記録したビデオ映像から被験者の発話や操作ミス行動を分析した。高齢被験者は、若年被験者に比べて、どの予約設定タスクでもはじめの項目画面でボタンを操作するのに時間がかかる傾向が見られた(はじめの一步が遅い傾向が見られた)。

若年被験者には見られなかった行動として、手順表示型インターフェースを用いた場合、画面上部に表示される操作手順の流れ図を、操作手順を表したものだとは認識しない傾向が見られた。操作手順の流れを示したものだとは認識せず、操作手順流れ図の設定項目表示部

を押し、その設定項目画面を表示させようとする行動が、全ての高齢被験者に見られた。

また手順表示型インターフェースを使ってエアコンタイマー予約およびビデオ録画予約を行う場合、開始時刻設定画面と終了時刻設定画面の切り替えに気づかない操作ミスが見られた。高齢被験者は1画面の表示内容をじっくり見て操作していたが、開始時刻画面で完了ボタンを押した際、再び開始時刻画面が表示されたと誤判断し、確認画面になって終了時刻が設定されていないことに気づく傾向が見られた。

図6.13～6.15に画面内容理解、操作判断および不安感に関する主観的評価結果をそれぞれ示す。各主観的評価とも、若年被験者の方が高齢被験者よりも評価は高く、高齢被験者間ではばらつきが大きい結果となった。高齢被験者では、炊飯予約に比べてエアコンタイマー予約およびビデオ録画予約の各主観的評点が低く、理解のしやすさ、判断のしやすさ、不安感に関してどちらでもないという評価であった。

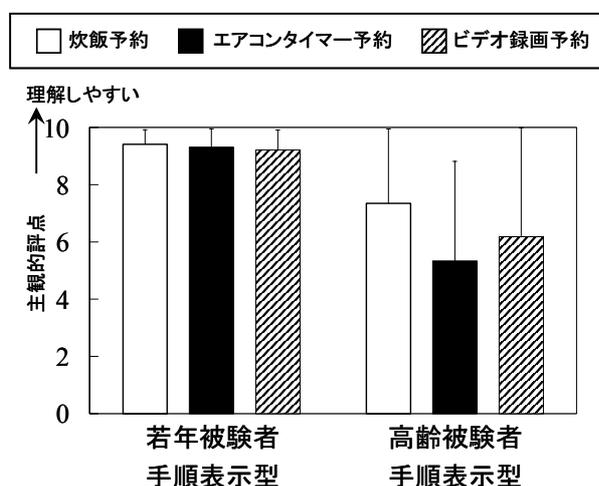


図 6.13 画面内容理解に関する主観的評価結果

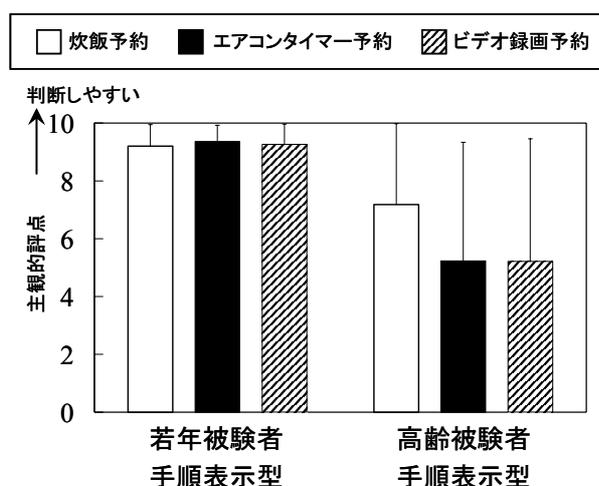


図 6.14 操作判断に関する主観的評価結果

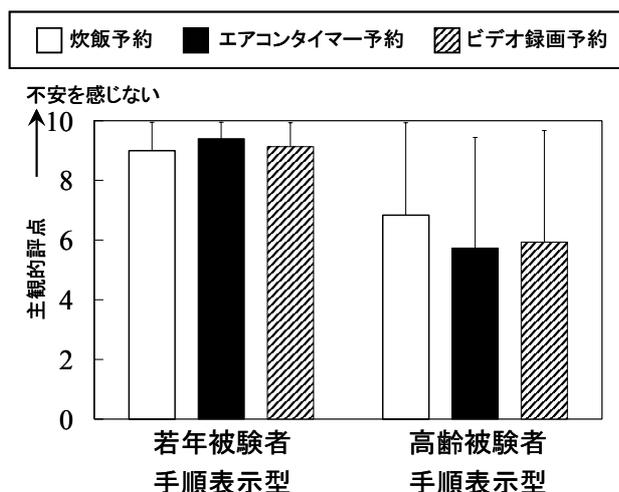


図 6.15 不安感に関する主観的評価結果

6.2.5 高齢化対応のためのコントロール端末のインターフェース改善

手順表示型インターフェースを用いたユーザビリティ評価実験の結果、予約設定を正しく完了できるという点から、若年被験者、高齢被験者とも各実機で設定するよりも手順表示型インターフェースで操作の方が有効であるといえる。一方、手順表示型インターフェースのユーザビリティに関して、高齢被験者にとって炊飯予約など設定項目が少ない場合には、全員が操作タスクを完了でき、また各主観的評価の結果から若年被験者にある程度近い有効性が示唆されたが、エアコンタイマー予約やビデオ録画予約など設定項目数が多いタスクでは、全員が操作タスクを完了できるわけではなく、また操作タスク完了までに時間を要し、各主観的評価の結果からそれほど使いやすくないことが示唆された。

高齢被験者は、画面上部に表示された手順流れ図を、操作手順を表したものだとは認識せず、手順流れ図の自分の設定したい項目表示を押す傾向が見られた。また、開始時刻に続いて終了時刻を設定する際に、開始時刻設定画面から終了時刻設定画面への切り替わりに気づきにくい傾向が見られた。画面の切り替わりに気づかない原因として、高齢者は、開始時刻を設定した後に終了時刻を設定するという操作手順に関するメンタルモデルを持っていないためと考えられる。また手順流れ図の自分の設定したい項目表示を押す傾向から、自分の設定したい項目から操作する／したい傾向があると考えられる。

本実験での手順表示型インターフェース使用時におけるユーザ行動の分析から、高齢ユーザの手順表示型インターフェースを操作する際の認知プロセスは、若年ユーザの認知プロセスと異なると考えられる。若年ユーザは予約設定を行う際、自分の持っている想定手順に照らし合わせて認識、判断、予測を行うため、操作手順が表示されていることで認知・判断に係わる負担が減少すると思われる。一方、高齢ユーザは想定手順を持っておらず、各画面で自分の設定したい項目を実行できるかどうかを評価し、設定したい項目の設定画面でなかった場合はここでは何をすべきかを類推して操作する(図 6.16)。一定手順で情報提示された場合、提示された内容が自分の設定したい項目と一致していれば短い時間で

正しく操作できるが、提示された内容が自分の設定したい項目と異なっている場合には、この画面で何を設定するのかを類推するのに時間を要し、最終的には何をすべきか分からずタスクを完了できないことも起こりうる。

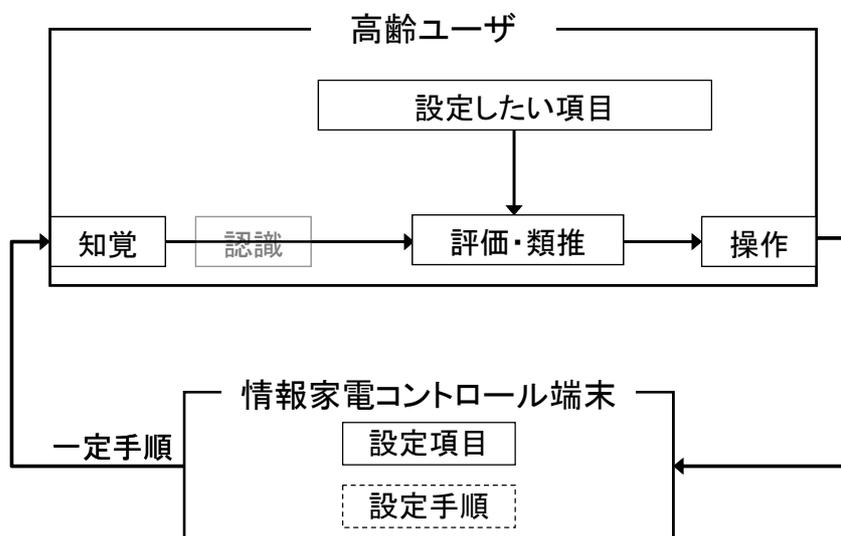


図 6.16 手順表示型インターフェース使用時における高齢ユーザの認知プロセス

そこで、高齢者の評価・類推過程における負担を軽減するため、設定項目を一定手順で順々に提示するのではなく、あらかじめ全設定項目を表示し、その中から任意の順序で各項目を設定するインターフェースを提案する。図 6.17 に炊飯予約およびビデオ録画を行うコントロール端末の改善インターフェースを示す。

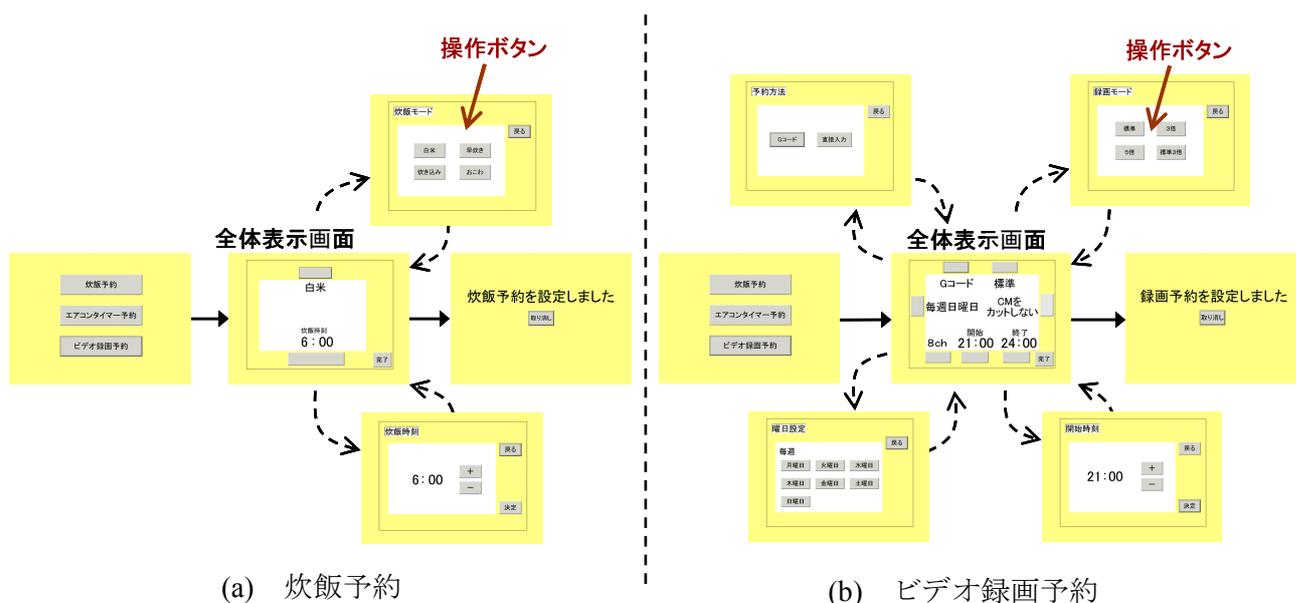


図 6.17 コントロール端末の改善インターフェース

一連の操作手順の流れに沿って操作するのではなく、はじめに全体表示画面で設定項目をすべて表示する。ユーザは設定項目の中から任意の手順で設定したい項目を選択する。各項目画面でユーザがボタンを選択すると、自動的に全体表示画面に切り替わる[120]。以降このインターフェースを「項目選択型インターフェース」と称す。項目選択型インターフェースを使用した場合、ユーザ認知プロセスは図 6.18 のように改善されると推定される。

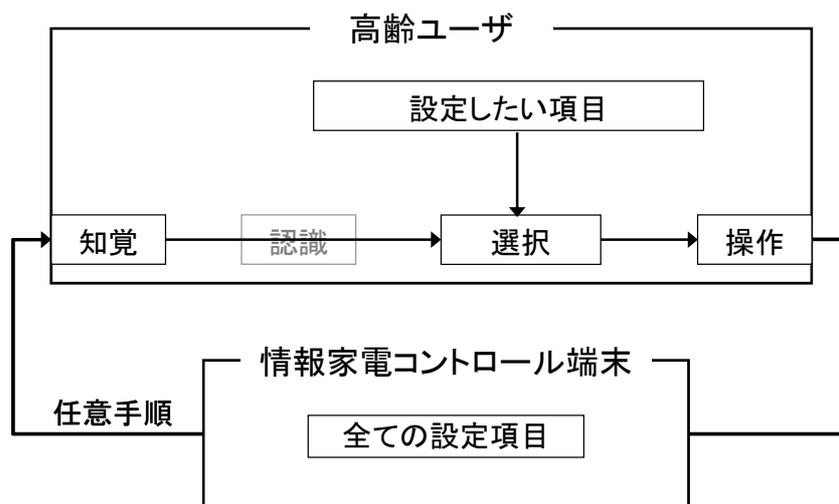


図 6.18 項目選択型インターフェース使用時における高齢ユーザの認知プロセス

6.2.6 改善インターフェースのユーザビリティ評価実験

(1) 実験概要

前項で提案した項目選択型インターフェースの高齢ユーザに対するユーザビリティを評価する。手順表示型インターフェースを使用した経験が、項目選択型インターフェース使用時に影響を及ぼす可能性を考慮して、実機を用いた調査に参加した被験者で、手順表示型インターフェースのユーザビリティ評価実験に参加していない高齢被験者 6 名（男性 3 名，女性 3 名）を用いて実験を行った。操作タスク，測定項目および実験手順は手順表示型インターフェースのユーザビリティ評価実験と同様であった。

(2) 実験結果

図 6.19 に高齢被験者の手順表示型インターフェースおよび項目選択型インターフェース使用時における操作タスク完了者割合の結果を示す。炊飯予約に関して、手順表示型インターフェース，項目選択型インターフェースのどちらを使用した場合も、高齢被験者全員が操作タスクを完了できた。エアコンタイマー予約に関して、項目選択型インターフェースを使用した場合、高齢被験者全員がタスクを完了することができた。ビデオ録画予約は項目選択型インターフェースを使用した場合、高齢被験者全員がタスクを完了できたわけではなかったが、手順表示型インターフェースよりも操作タスク完了者割合は高い結果となった。

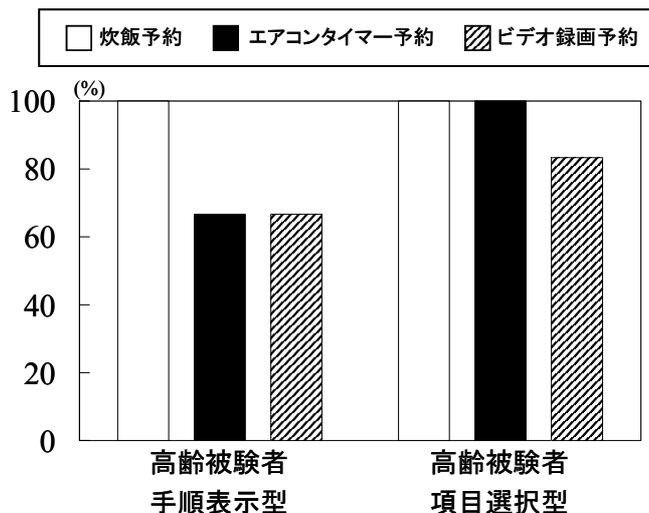


図 6.19 操作タスク完了者割合の結果

図 6.20 にタスクを完了できた高齢被験者の操作時間の結果を示す。項目選択型インターフェースを用いた場合、手順表示型インターフェースに比べて炊飯予約、ビデオ録画予約の操作時間は増加する傾向が見られたが、エアコンタイマー予約の操作時間は減少傾向を示した。

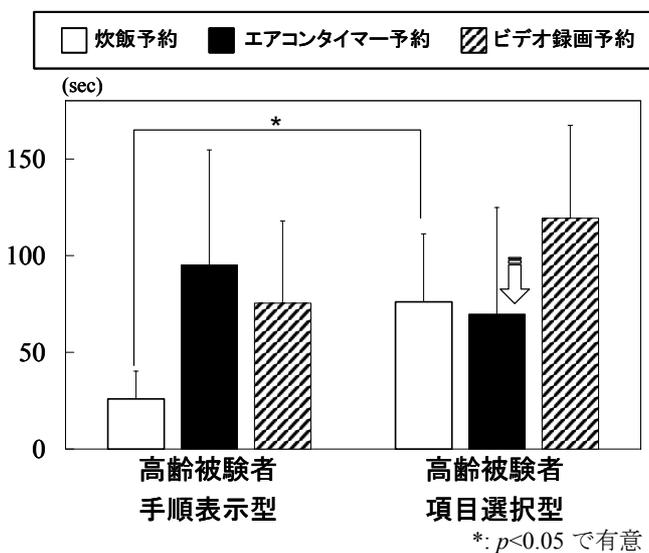


図 6.20 操作時間の結果 (*は t 検定の結果)

記録したビデオ映像から被験者の発話や操作ミス行動を分析したところ、項目選択型インターフェースで炊飯予約を行う場合、はじめの全体表示画面でどれがボタンなのか分からず、最初のボタン操作を行うのにとまどう傾向が見られた。また項目選択型インターフェースでビデオ録画予約を行う場合、全体表示画面に表示される具体的な項目名称（“標準”など）が何の機能を表しているのか分からず、全体表示画面でどのボタンを操作しようか迷う傾向が見られた。

図 6.21～6.23 に画面内容理解，操作判断および不安感に関する主観的評価結果の，手順表示型インターフェースと項目選択型インターフェースの比較をそれぞれ示す．炊飯予約に関して，各主観的評点とも項目選択型インターフェースの方が手順表示型インターフェースよりも若干低い傾向が見られた．一方，エアコンタイマー予約は，各主観的評点とも項目選択型インターフェースの方が手順表示型インターフェースよりも若干高い傾向が見られた．ビデオ録画予約では，判断のしやすさに関して項目選択型インターフェースの評価が手順表示型インターフェースに比べてわずかながら高かった．

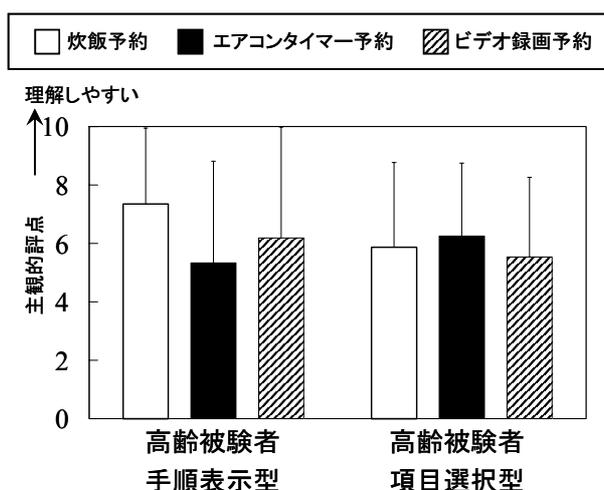


図 6.21 画面内容理解に関する主観的評価結果

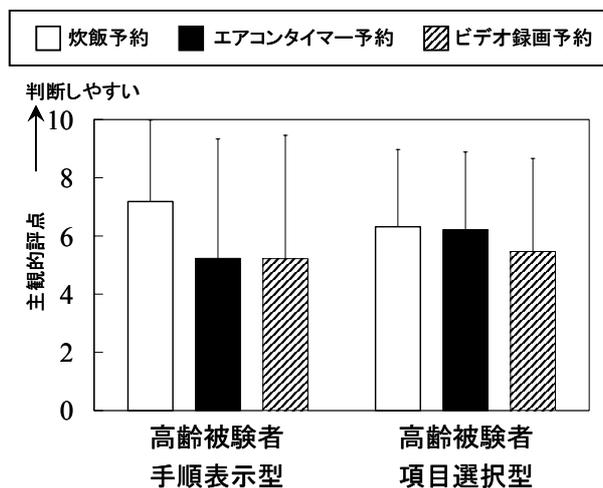


図 6.22 操作判断に関する主観的評価結果

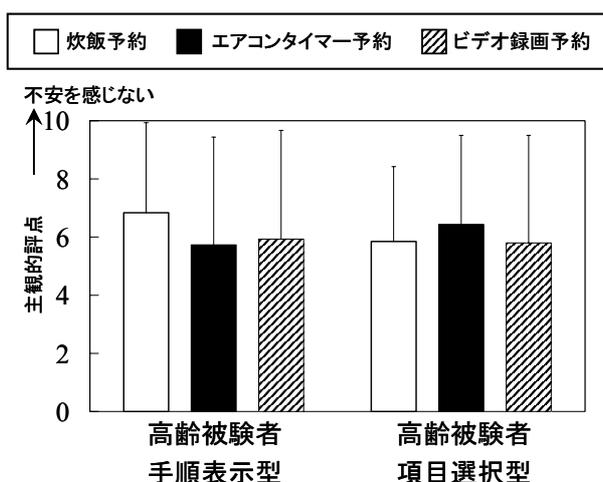


図 6.23 不安感に関する主観的評価結果

(3) 考察

手順表示型インターフェースと項目選択型インターフェースを比較したユーザビリティ評価実験の結果、予約設定を正しく完了できるという点から、項目選択型インターフェースの方が高齢被験者にとって有効であるといえる。またエアコンタイマー予約に関しては、より短い操作時間でタスクを完了でき、画面内容理解、操作判断および不安感に関する主観的評価が若干向上したことから、高齢被験者にとって項目選択型インターフェースの方が効率よく、少ない負担でエアコンタイマー予約を設定できることが示唆される。情報の提示順序の観点から、手順表示型インターフェースは提示情報を分割して順番に提示する逐次型情報提示であり、項目選択型インターフェースは提示情報を1つの画面にまとめて提供する並列型情報提示といえる[122]。1画面ずつ確実に操作でき初心者向きであるといわれているのは逐次型情報提示の方である。しかし、高齢ユーザの認知プロセスの検討から、高齢ユーザは情報家電コントロール端末を使用する際手順に従って操作する方略を持っておらず、自分の設定したい項目から実行していく傾向があると示唆された。このような操作方略から、項目選択型インターフェースのユーザビリティが手順表示型インターフェースに比べて高かったと考えられる。

一方、炊飯予約、ビデオ録画予約に関しては、操作時間や主観的評価の結果、高齢被験者にとってそれほどユーザビリティは向上していないといえる。炊飯予約を行う場合、はじめの全体表示画面でどれがボタンなのかすぐに分からない傾向が見られた。炊飯予約の全体表示画面では、2つの項目と2つのボタンしか画面に表示されていない。1画面に情報量が多いと画面内容を理解するのに時間がかかると思われるが、1画面に情報量が少ないことも画面の認識しづらさにつながると考えられる。また今回、設定項目の少ない順に操作タスクを行ったため、炊飯予約は実験の1番目に行った。手順表示型インターフェースは銀行のATMなど似たようなインターフェースを持つ機器が他にも存在するが、項目選択型インターフェースの全体表示画面と似たようなインターフェースを持つ機器はほ

とんど存在しない。そのため、高齢被験者は新しいインターフェースに接したときの順応性が低いと考えられ、項目選択型インターフェースを使って炊飯予約を行うことに慣れることで、項目選択型インターフェースのユーザビリティが向上すると予想される。

ビデオ録画予約を行う場合、全体表示画面に表示される具体的な項目名称（“標準”など）が何の機能を表しているのか分からない傾向が見られた。今回の高齢被験者は実生活でビデオ録画予約を行ったことがなく、そもそもビデオのリモートコントローラもほとんど操作したことがなかった。高齢被験者にとって、これまでビデオのリモートコントローラ操作に関する経験がなかったために、具体的な項目名称が何の機能を示しているのか分からなかったと考えられる。一方、エアコンのリモートコントローラは実生活で操作したことのある機器であり、エアコンタイマー予約では、普段エアコンのリモートコントローラを使った経験があったことで、全体表示画面の項目名称が何の機能を示しているのか認識できたと考えられる。このように、ビデオ録画予約に関して、ビデオ録画予約に慣れることで全体表示画面の項目名称が何を示しているのか認識できるようになり、項目選択型インターフェースのユーザビリティが向上すると予想される。

6.2.7 情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェースのまとめ

情報家電コントロール端末の高齢ユーザに使いやすいインターフェースを検討するため、はじめに実機を用いた調査を行い、実機使用時におけるユーザ認知プロセスに基づいて情報家電コントロール端末の手順表示型インターフェース（一定手順の流れに沿って操作するインターフェース）を提案した。続いて、手順表示型インターフェース使用時における若年ユーザの認知プロセスと高齢ユーザの認知プロセスの違いに着目し、高齢ユーザの認知プロセスにおける負担を軽減するための項目選択型インターフェース（ユーザの任意の手順で操作するインターフェース）を提案し、高齢ユーザに対する有効性を評価した。このように、ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法により、加齢による認知・判断機能の変化が懸念される高齢ユーザにとってもより使いやすい情報家電コントロール端末のインターフェースを検討することが可能であると示唆される。

情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェース要件の検討フローをまとめると図 6.24 のように示される。

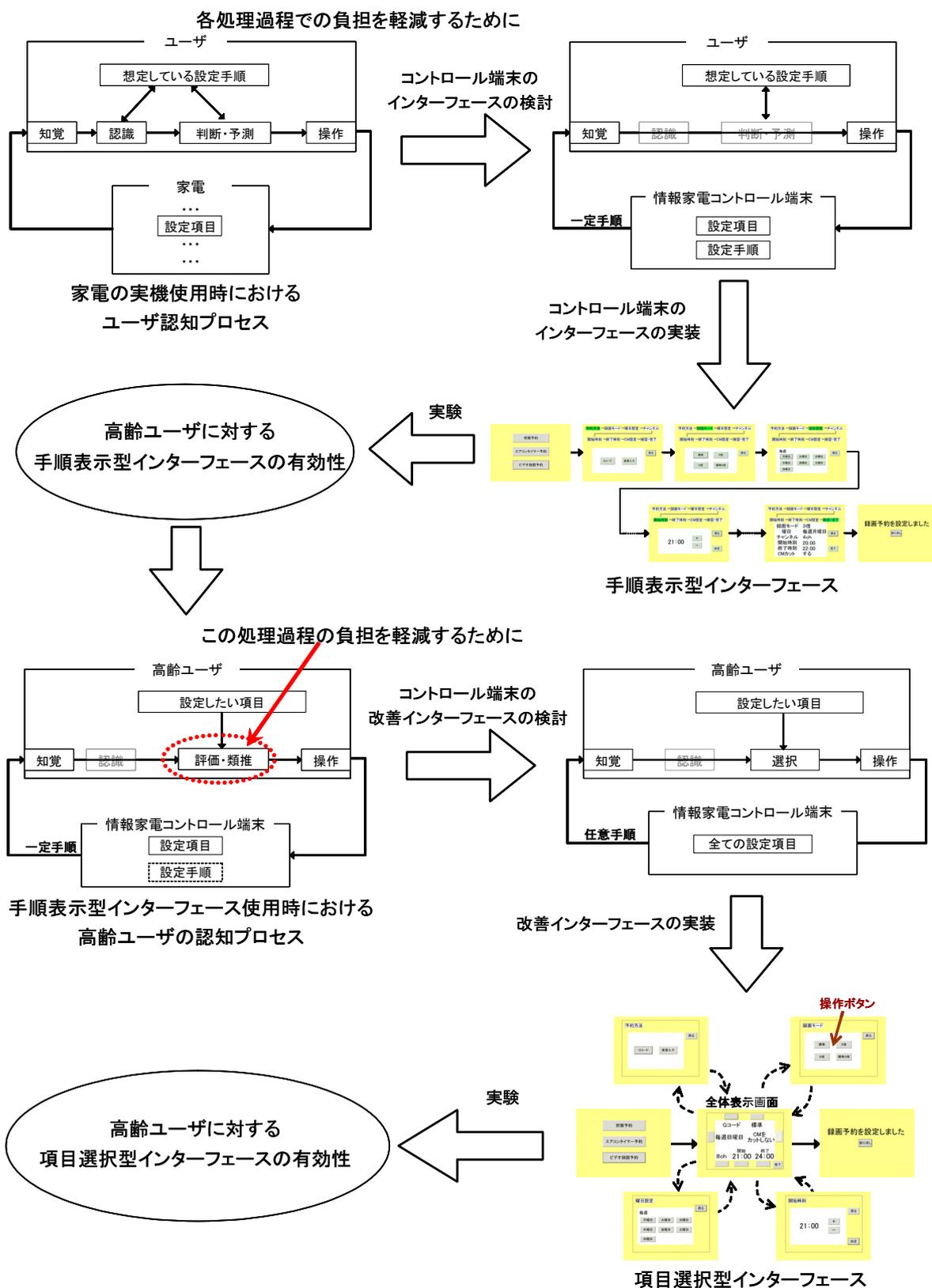


図 6.24 情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェース要件の検討

6.3 情報家電コントロール端末使用時のユーザ習熟適応性の検討

6.3.1 実験概要

情報家電コントロール端末のインターフェースがユーザの習熟適応性に及ぼす影響を検討するため、前節で検討した情報家電コントロール端末の手順表示型インターフェースおよび項目選択型インターフェースを用いて実験を行った。

被験者は、手順表示型インターフェース、項目選択型インターフェースのそれぞれのユーザビリティ評価実験に参加した高齢被験者12名、若年被験者12名（この内、手順表示型インターフェースのユーザビリティ評価に高齢被験者6名、若年被験者6名が参加し、項目選択型インターフェースのユーザビリティ評価に高齢被験者6名、若年被験者6名がそれぞれ参加した。）であった。各被験者とも、前回参加したユーザビリティ評価実験で用いたインターフェースと同じインターフェースを使用し、前回と同じ操作タスク（炊飯予約、エアコンタイマー予約、ビデオ録画予約）を行った。

実験の日程は、被験者全員とも前回のユーザビリティ評価実験の次の日に行い、情報家電を購入してから2回目の使用を想定した。

測定項目に関して、前回と同様、実験中に被験者の後方からデジタルビデオカメラで被験者の操作行動や操作中の発話を記録した。実験終了後、このビデオ映像を基に操作タスク完了者割合、操作時間および操作ミス行動を抽出した。また各操作タスク終了後、図6.9に示すアンケートを行った。

前回のユーザビリティ評価実験での結果と今回の結果を比較することで、情報家電コントロール端末を初めて使用する場合と2回目に使用する場合の各評価指標の変化を分析した。5.3.2項での車載ナビの簡易インターフェースを用いたドライバー習熟適応性の検討から、タッチパネルを用いた簡単な操作タスクであれば、2回程度で操作に習熟できることが示唆されたため、本実験では、計2回という実験回数で情報家電コントロール端末に対するユーザ習熟適応性を検討した。

6.3.2 実験結果

(1) 操作タスク完了者割合

若年被験者での、1回目と2回目の操作タスク完了者割合（全被験者中、途中の操作ミスも含めて最終的に正しく操作タスクを完了できた被験者数の割合）の結果を比較すると、1回目、2回目とも、手順表示型インターフェース、項目選択型インターフェースのどちらを用いた場合も、全被験者が各操作タスク（炊飯予約、エアコンタイマー予約、ビデオ録画予約）を正しく完了することができた。

図 6.25 に高齢被験者での1回目と2回目の操作タスク完了者割合の結果を示す。手順表示型インターフェースを用いた2回目の結果に関して、炊飯予約は1回目と同様に被験者全員がタスクを完了できたが、エアコンタイマー予約とビデオ録画予約は一部の被験者がタスクを正しく完了できず、2回目も1回目と変わらない操作タスク完了者割合であった。項目選択型インターフェースを用いた場合、2回目はどの操作タスクにおいても被験者全員が操作タスクを正しく完了することができた。ビデオ録画予約に関して、1回目の操作タスク完了者割合は100%ではなかったが、2回目の操作タスク完了者割合は100%で、1回目比べて増加した。

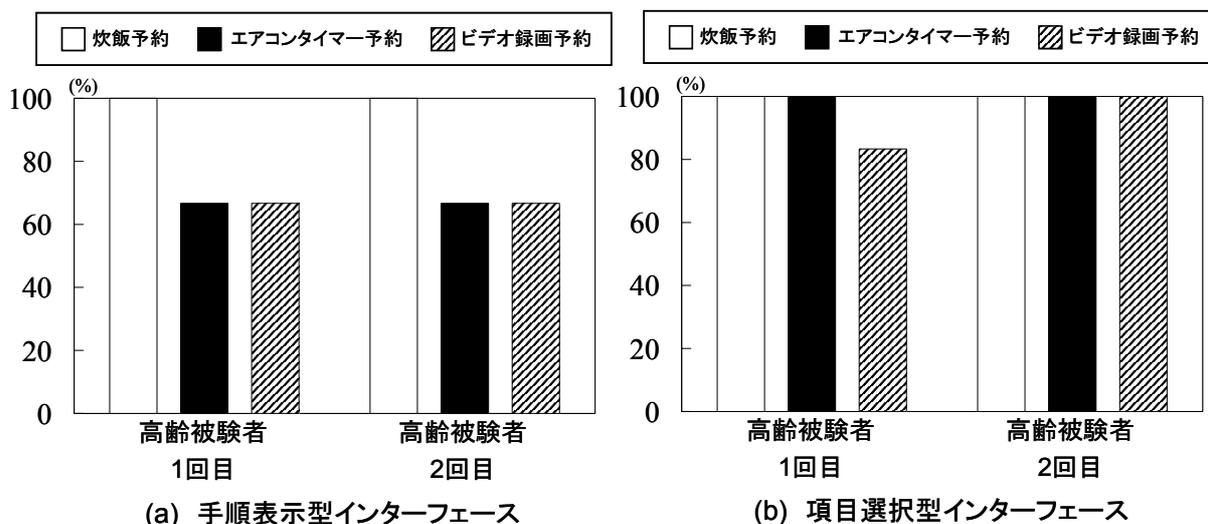


図 6.25 操作タスク完了者割合の1回目と2回目の比較 (高齢被験者)

(2) 操作時間

図 6.26 に若年被験者の各操作タスクにおける操作時間の1回目と2回目の結果を示す。手順表示型インターフェース、項目選択型インターフェースのどちらを用いた場合も、2回目の操作時間の方が1回目の操作時間よりも短かった。

2回目の操作時間をインターフェース間で比較すると、炊飯予約、エアコンタイマー予約は項目選択型インターフェースの方が手順表示型インターフェースよりも操作時間が若干短かったが、ビデオ録画予約は手順表示型インターフェースの方が項目選択型インターフェースよりも操作時間が若干短かった。

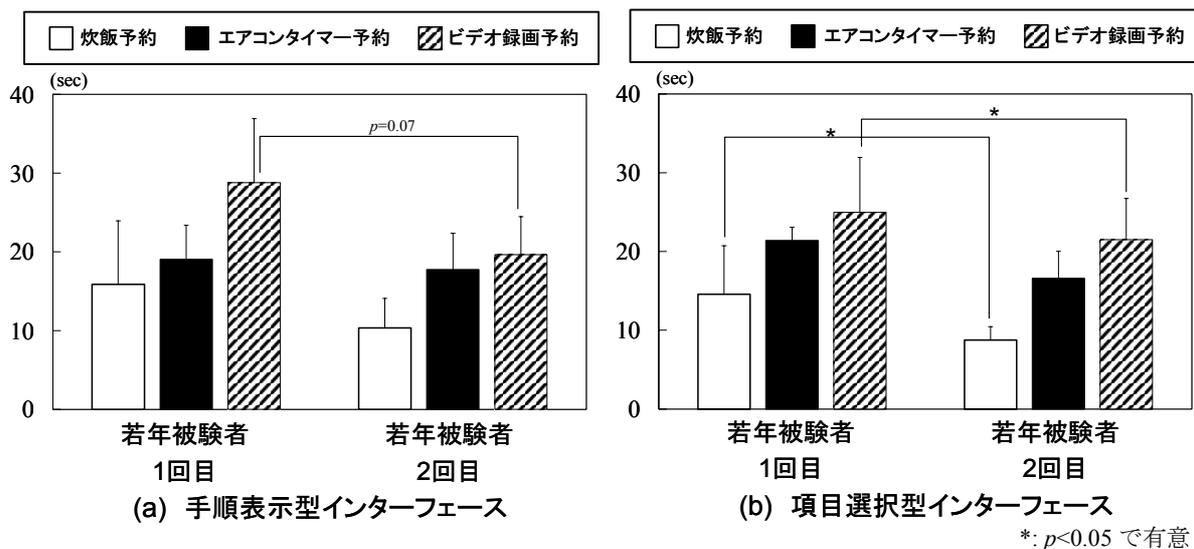


図 6.26 操作時間の1回目と2回目の比較 (若年被験者) (*は *t* 検定の結果)

図 6.27 に操作タスクを完了できた高齢被験者の操作時間の1回目と2回目の結果を示す。若年被験者と同様に、手順表示型インターフェース、項目選択型インターフェースのどちらを用いた場合も、2回目の操作時間の方が1回目の操作時間よりも短かった。特に、項目選択型インターフェースを用いた場合の炊飯予約、ビデオ録画予約に関して、操作時間の減少が顕著であった。

2回目の操作時間をインターフェース間で比較すると、すべての操作タスクにおいて、項目選択型インターフェースを用いた場合の方が、手順表示型インターフェースに比べて若干ではあるが操作時間が短い傾向が見られた。

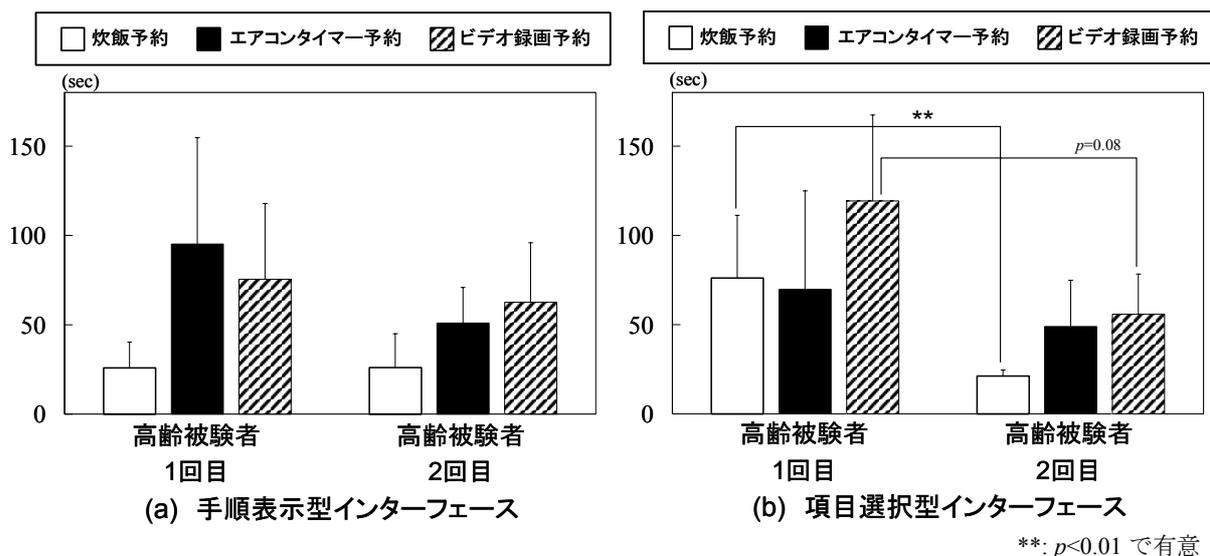


図 6.27 操作時間の1回目と2回目の比較 (高齢被験者) (*は *t* 検定の結果)

表 6.2~6.4 に、炊飯予約、エアコンタイマー予約およびビデオ録画予約それぞれの操作時間を従属変数とし、年齢、インターフェース、実験回数を独立変数とした3要因分散分析の結果を示す。

表 6.2 炊飯予約の操作時間に関する分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
年齢(A)	1	5893.21	5893.21	31.88***
インターフェース(B)	1	823.75	823.75	4.46*
実験回数(C)	1	2317.12	2317.12	12.53**
A×B	1	1499.99	1499.99	8.11**
B×C	1	1448.43	1448.43	7.83**
A×C	1	1199.26	1199.26	6.49*
A×B×C	1	1909.53	1909.53	10.33**
Error	34	6285.69	184.87	

***: $p < 0.001$ で有意 ** : $p < 0.01$ で有意 * : $p < 0.05$ で有意

表 6.3 エアコンタイマー予約の操作時間に関する分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
年齢(A)	1	22404.1	22404.05	27.6***
インターフェース(B)	1	330.82	330.82	0.41
実験回数(C)	1	2513.68	2513.68	3.1
A×B	1	485.98	485.98	0.6
B×C	1	189.22	189.22	0.23
A×C	1	2096.8	2096.8	2.58
A×B×C	1	465.53	465.53	0.57
Error	34	27603.3	811.86	

***: $p < 0.001$ で有意

表 6.4 ビデオ録画予約の操作時間に関する分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
年齢(A)	1	29735.7	29735.65	47.86***
インターフェース(B)	1	1094.66	1094.66	1.76
実験回数(C)	1	3492.73	3492.73	5.62*
A×B	1	730.08	730.08	1.18
B×C	1	852.83	852.83	1.37
A×C	1	2233.77	2233.77	3.6
A×B×C	1	1643.57	1643.57	2.65
Error	32	19881.9	621.31	

***: $p < 0.001$ で有意 * : $p < 0.05$ で有意

記録したビデオ映像から高齢被験者の発話や操作ミス行動を分析したところ、どちらのインターフェースを用いた場合も、1回目の実験で見られたはじめの項目画面でボタンを操作するのに時間のかかる傾向は見られなかった。特に項目選択型インターフェースで炊飯予約を行う2回目に関して、はじめの全体表示画面でどれがボタンなのか既に分かっており、すぐにボタン操作を開始する傾向が見られた。

また項目選択型インターフェースでビデオ録画予約を行う場合、1回目の実験で見られた、全体表示画面に表示される具体的な項目名称（“3倍”など）が何の機能を表しているのか分からずに操作すべきボタンの選択に迷うという行動は、2回目の実験においてはほとんど見られなかった。

一方、1回目と同様に2回目の実験でも見られた行動として、手順表示型インターフェースを用いた場合、画面上部に表示される操作手順の流れ図を、操作手順を表したものと認識しない傾向が見られた。その結果、操作手順流れ図の項目表示部を押してその項目画面を表示させようとし、また開始時刻設定画面と終了時刻設定画面の切り替えに気付かない操作ミスが見られた。

(3) 主観的評価

図6.28～6.33に若年被験者および高齢被験者での画面内容理解、操作判断および不安感に関する主観的評価の1回目と2回目の結果をそれぞれ示す。

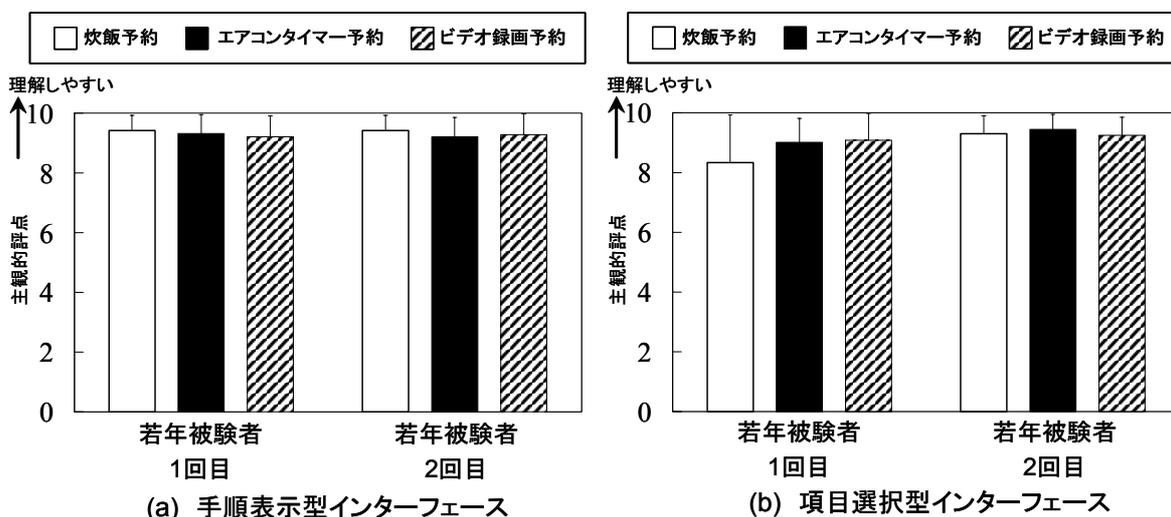


図 6.28 画面内容理解に関する主観的評価の1回目と2回目の比較（若年被験者）

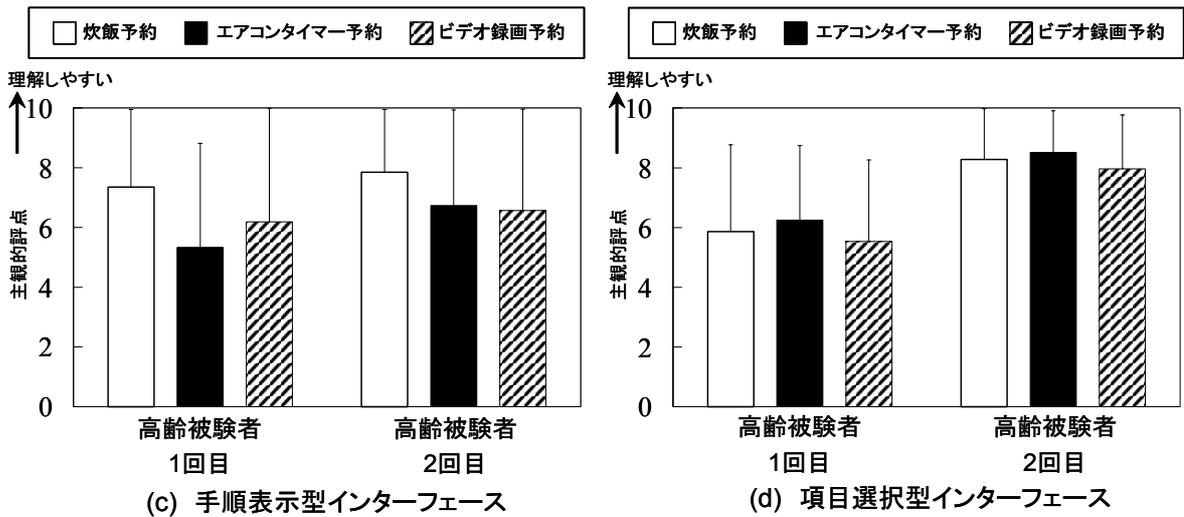


図 6.29 画面内容理解に関する主観的評価の1回目と2回目の比較 (高齢被験者)

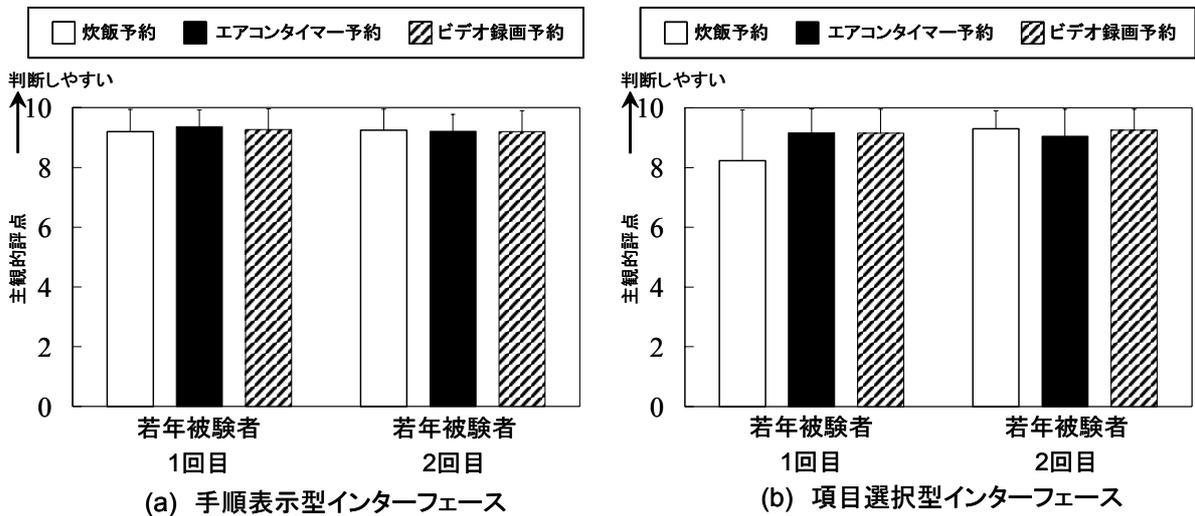


図 6.30 操作判断に関する主観的評価の1回目と2回目の比較 (若年被験者)

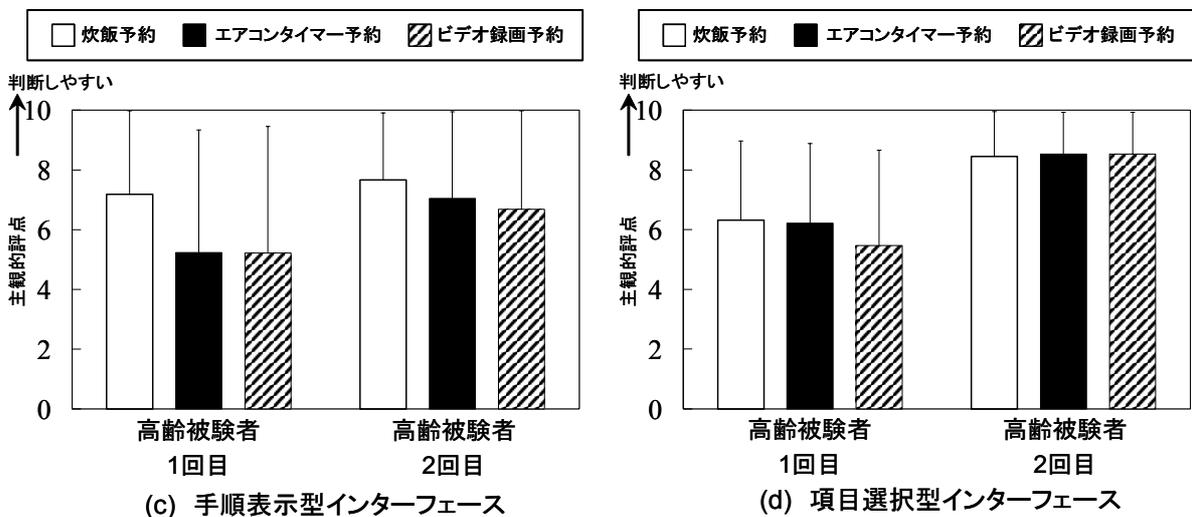


図 6.31 操作判断に関する主観的評価の1回目と2回目の比較 (高齢被験者)

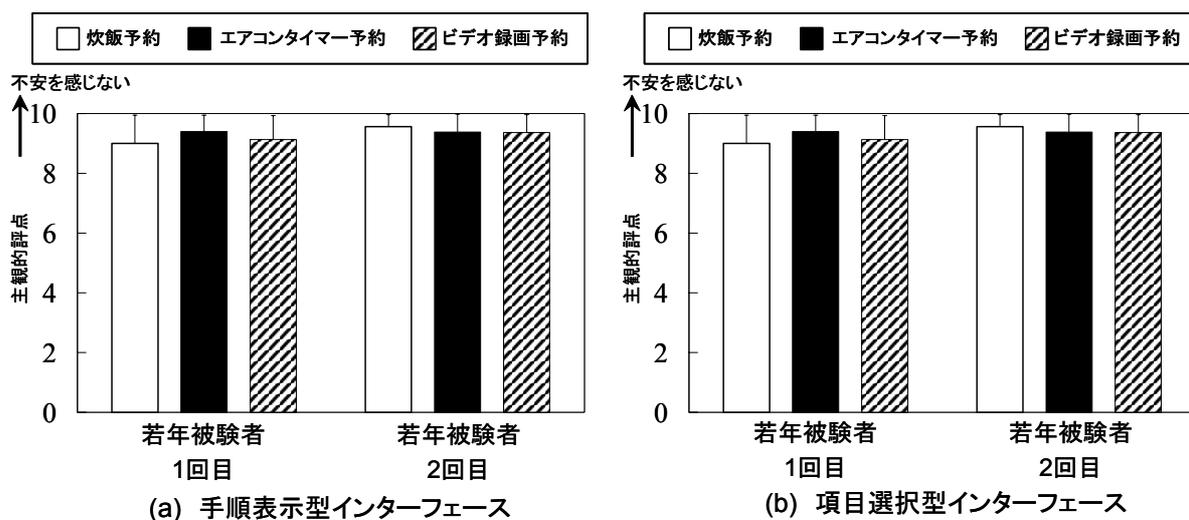


図 6.32 不安感に関する主観的評価の1回目と2回目の比較 (若年被験者)

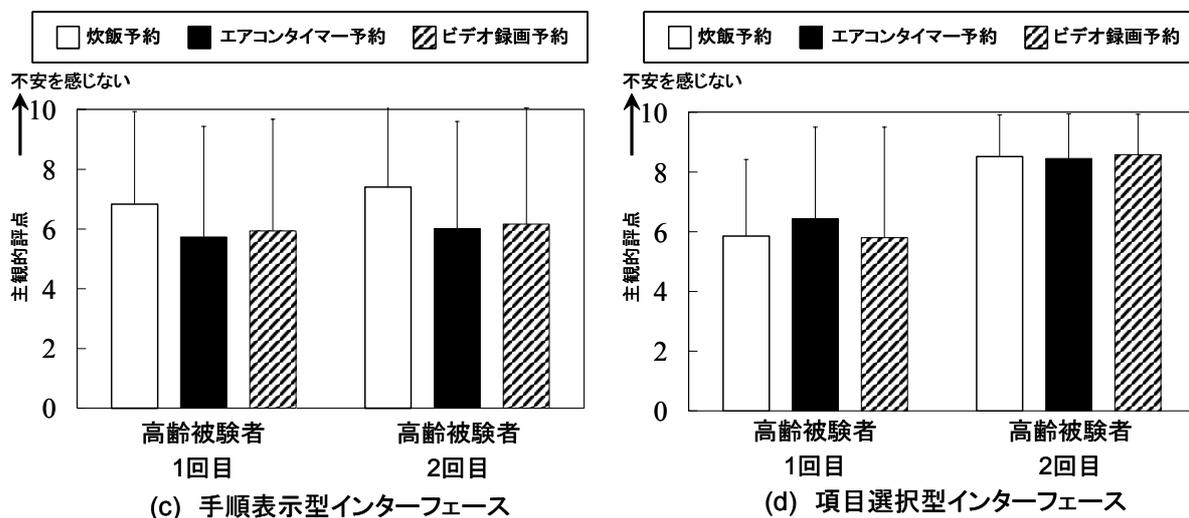


図 6.33 不安感に関する主観的評価の1回目と2回目の比較 (高齢被験者)

若年被験者では、手順表示型インターフェースおよび項目選択型インターフェースを用いた場合、どの操作タスクにおいても2回目の各主観的評価は1回目比べてわずかに増加するまたはほとんど変わらない結果となった。

高齢被験者では、手順表示型インターフェースを用いた場合、どの操作タスクにおいても画面内容理解および操作判断に関して2回目の方が1回目よりも評価の高い傾向が見られた。一方、不安感に関する主観的評価の結果では、炊飯予約は2回目の方が1回目比べて評価が高かったものの、エアコンタイマー予約およびビデオ録画予約において2回目は1回目とほぼ同程度の結果となった。

項目選択型インターフェースを用いた場合、画面内容理解、操作判断、不安感それぞれに関して、どの操作タスクにおいても2回目の方が1回目比べて評価値が高く、また手順表示型インターフェースを用いた場合の2回目の結果よりも評価の高い傾向が見られた。

6.3.3 考察

(1) 若年ユーザの習熟適応性

若年被験者では、項目選択型インターフェースを用いて炊飯予約を行う場合、1回目の画面内容理解および操作判断に関する主観的評価値が他の操作タスクや1回目の手順表示型インターフェースを用いる場合に比べて若干低い傾向が見られた。炊飯予約は実験手順として1番目に行った操作タスクであるが、項目選択型インターフェースで炊飯予約を行う場合の全体表示画面には2つの項目と2つのボタンしかないという日常において新規的なインターフェースであったため、どれを操作すればよいのか分かりづらかったと考えられる。項目選択型インターフェースを用いて炊飯予約を行う2回目では、画面内容理解および操作判断に関する主観的評価値が他と同様に高い結果となったことから、2回目の操作時には炊飯予約時の全体表示画面に習熟していたと考えられる。

若年被験者では、項目選択型インターフェースを用いる場合、1回目の炊飯予約を除いてどの操作タスクにおいても、全体表示画面でどのボタンから操作していくのかは被験者によって様々であったが、非常にスムーズに操作できていた。操作時間の結果は高齢被験者に比べて非常に短く、各主観的評価も非常に高い結果となった。若年被験者では、高齢被験者の認知プロセスで推定された“選択”に係わる負担が非常に小さかったと推測される。そのため、手順表示型インターフェースと同様に、1回目の使用においても若年被験者にとって項目選択型インターフェースは使いやすかったと考えられる。

手順表示型インターフェースと項目選択型インターフェースの2回目の操作時間を比較すると、炊飯予約とエアコンタイマー予約は項目選択型インターフェースの方が若干短かった一方、ビデオ録画予約は手順表示型インターフェースの方が若干短い結果となった。このことから、設定項目4つ程度までは全体表示から任意の手順で各項目を操作するインターフェースがより使いやすく、設定項目が7つと多くなると、一定手順で順々に操作していくインターフェースの方が使いやすいと示唆される。

(2) 高齢ユーザの習熟適応性

高齢被験者では、手順表示型インターフェースを用いてエアコンタイマー予約、ビデオ録画予約を行う場合、操作タスク完了者割合の結果は1回目と2回目で変わらず、1回目に操作タスクを完了できなかった被験者は2回目でも操作タスクを完了できなかった。また手順表示型インターフェースにおける各主観的評価の結果、画面内容理解、操作判断の主観的評価値は2回目の方が1回目に比べて若干増加したが、不安感の主観的評価値はほとんど変わらなかった。一方、手順表示型インターフェースで操作タスクを完了できた被験者の操作時間は1回目に比べて2回目の方が短かった。

操作ミス行動の結果も考慮すると、高齢被験者では、手順表示型インターフェースを初めてでも使用できた場合は、2回目にある程度習熟して操作時間が減少したと考えられる。

が、手順表示型インターフェースを初めてで使用できなかった被験者は、2回程度では習熟できず、特に画面上部に表示される操作手順の流れ図に関して2回目でも理解できなかった。1回目で手順表示型インターフェースを使用できないのは、操作手順に関するメンタルモデルを持っていないためと示唆されたが、タスクを操作手順通りに行うというメンタルモデルの構築に2回程度では習熟適応できなかったと示唆される。

項目選択型インターフェースを用いた場合、2回目にはどの操作タスクにおいても全高齢被験者が正しく完了することができた。また1回目に比べて2回目の操作時間が大きく減少し、2回目の方がより画面内容を理解しやすく、操作判断しやすく、また不安を感じない結果となった。項目選択型インターフェースに関しては、実験回数2回で習熟が進行したと考えられる。1回目のビデオ録画予約時に見られた、全体表示画面に表示される具体的な項目名称が何の機能を表しているのか分からない傾向に関して、2回目には見られなかったことから、図6.34に示す項目選択型インターフェース使用時のユーザ認知プロセスにおける“比較”に係わる負担が、習熟することで軽減したと考えられる。図6.35に項目選択型インターフェースに対する習熟適応後の高齢ユーザの認知プロセスを示す。

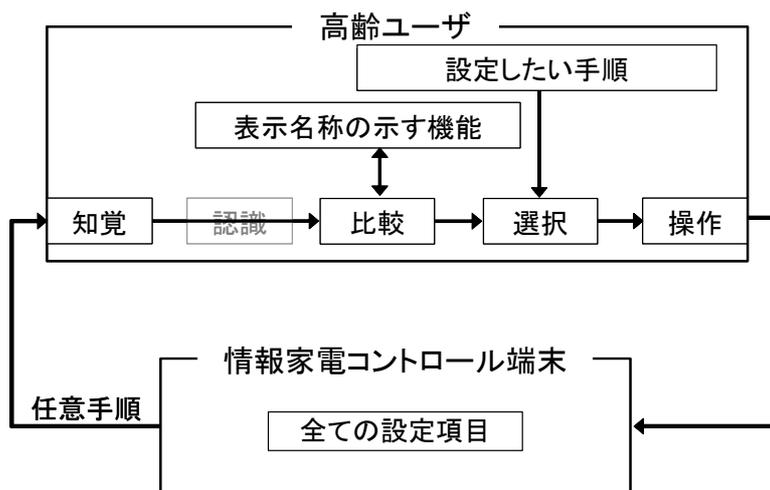


図 6.34 項目選択型インターフェースにおける高齢ユーザの認知プロセス

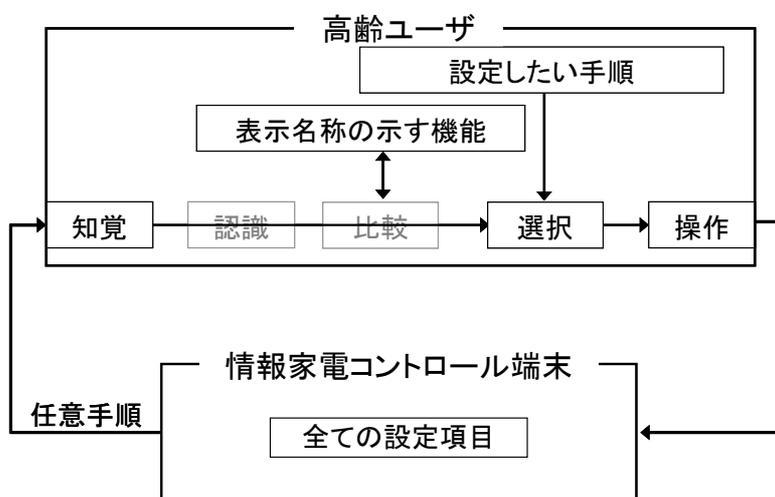


図 6.35 項目選択型インターフェースにおける習熟適応後の認知プロセス

以上のことから、高齢ユーザは、タスクを操作手順に従って行うという支援機器とのインタラクション方法に関しては2回程度では習熟できないと考えられる。一方、高齢ユーザの認知プロセスを考慮したインターフェース設計を行うことで、短い使用期間で支援機器に対して習熟でき、習熟することで支援機器がより使いやすくなると示唆される。高齢ユーザは、認知・判断過程に係わる負担が大きいと考えられるインターフェースに対しては習熟に時間を要する、もしくはほとんど習熟できないが、認知プロセスに基づいた検討から認知・判断過程に係わる負担が軽減されると考えられるインターフェースに対しては短い使用期間で習熟できると示唆される。

6.3.4 情報家電コントロール端末使用時のユーザ習熟適応性のまとめ

情報家電コントロール端末のインターフェースとして手順表示型インターフェースと項目選択型インターフェースを取り上げ、各インターフェースが計2回にわたるユーザ習熟適応性に及ぼす影響を検討した。高齢ユーザは、認知プロセスにおける認知・判断過程に係わる負担が大きいと考えられるインターフェースに対しては2回程度では習熟できないが、認知プロセスにおける認知・判断過程に係わる負担が軽減されると考えられるインターフェースに対しては習熟適応可能で、習熟によるユーザビリティ向上が示唆された。

本実験結果より、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法がユーザ習熟促進性を考慮したインターフェース検討に有効であると示唆される。

6.4 本章のまとめ

ITS の高齢化対応インターフェースの検討で提案したユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法を情報家電コントロール端末に適用した。

実機使用時のユーザ認知プロセスの推定から、情報家電コントロール端末のインターフェースとして一定手順で操作する手順表示型インターフェースを提案した。手順表示型インターフェース使用時における若年ユーザと高齢ユーザの認知プロセスの違いに着目し、高齢ユーザの認知プロセスに適応した任意の手順で操作する項目選択型インターフェースを提案し、高齢ユーザに対する有効性を評価した。本実験結果より、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法により、加齢による認知・判断機能の変化が懸念される高齢ユーザに対してユーザビリティの高い情報家電のインターフェースを検討できることが示唆された。

情報家電コントロール端末使用時におけるユーザ習熟適応性の年齢による比較・検討から、高齢ユーザは認知プロセスにおける認知・判断過程での負担が高いと考えられるインターフェースに対して習熟に時間を要する、もしくはほとんど習熟できないが、高齢ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法により作成したインターフェースに対しては短い期間で習熟することができ、習熟することで情報家電コントロール端末のユーザビリティ向上が示唆された。

本研究結果より、ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法は、運転中にドライバーが支援情報に対する処理を行う移動支援機器と、ユーザと機器との1対1のインタラクションである生活支援機器という、異なるインタラクション形態である情報機器の高齢化対応インターフェースの検討に適用できることが示唆された。また認知プロセスの活用による情報機器のインターフェースに対するユーザの習熟促進性が示唆された。

第7章 まとめと今後の課題

7.1 本研究のまとめ

情報通信技術を活用した家庭内外における支援機器を移動支援機器と生活支援機器に分類し、移動支援機器では車載ナビゲーションシステムと狭路走行支援システムを、また生活支援機器では情報家電のコントロール端末を取り上げ、各支援システムに対するユーザの利用経過を考慮した高齢化対応インターフェースに関する研究を行った。

7.1.1 ITS での検討のまとめ

ユーザの認知プロセスをベースとして認知・判断過程に係わる負担を軽減する情報提示／情報提供方法を検討するというユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法を提案し、狭路走行支援システムの高齢化対応インターフェース検討に適用した。

狭路走行支援システムの位置関係情報使用時におけるドライバー認知プロセスの推定から、位置関係情報からステアリング操作量を判断する負担を軽減するため、推奨経路通りに走行するためのステアリング操作情報を提示するインターフェースを検討し、高齢ドライバーに対する有効性を評価した。その結果、位置関係情報に加えてステアリング操作情報を付加したインターフェースにより高齢ドライバーは狭路をスムーズに走行でき、また狭路走行時の精神的作業負担の軽減に有効であると示唆された。

このことから、ユーザの認知・判断過程に係わる負担を軽減できると仮定されたインターフェースは、加齢による認知・判断機能の変化が見られる高齢ユーザに対してユーザビリティの向上につながる事が明らかとなり、ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法の有効性が示唆された。

ユーザの利用経過を考慮した ITS のインターフェースに関する基礎的検討として、車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応性評価に有効な指標を明らかにし、車載ナビゲーションシステム操作時におけるドライバー習熟適応過程を検討した。また車載ナビゲーションシステムのメニュー階層構造に着目し、メニュー階層構造がドライバー習熟適応性に与える影響の年齢による比較・検討を行った。

その結果、車載ナビゲーションシステム操作におけるドライバー習熟適応性に関して、総視認時間および操作タスクの所要時間というマクロ的指標による評価の有効性が示唆された。また車載ナビゲーションシステム操作時のドライバー習熟適応過程は、システム操作をミスなく行うことを目指す習熟初期、システム操作と運転操作の両立を目指す習熟

中期, より安全な運転操作を目指す習熟後期と3段階に分類できると明らかになった。メニュー階層構造は, 車載ナビゲーションシステム操作の習熟の早さにはほとんど影響を及ぼさないが, 習熟状態におけるドライバー視認行動および操作行動に対しては1画面に表示するボタン数よりもある機能を達成するまでの階層数による影響が大きく, つまり, 階層数の少ないインターフェースの方が, 習熟時における総視認時間および操作時間が短い傾向が見られた。またこの傾向は高齢ドライバーでも見られる可能性が示唆された。

7.1.2 情報家電での検討のまとめ

ユーザの認知プロセスを活用した高齢化対応インターフェース要件の検討方法が, ITSの高齢化対応インターフェースの検討だけではなく, 情報家電の高齢化対応インターフェースの検討にも適用できるかを検証するため, 同じ方法を用いて情報家電コントロール端末の高齢化対応インターフェースを検討した。

情報家電コントロール端末から操作可能な家電として, 炊飯器, エアコン, ビデオを取り上げ, 情報家電コントロール端末による操作タスクとして予約設定を取り上げた。各実機使用時におけるユーザ認知プロセスの推定から, 情報家電コントロール端末のインターフェースとして一定手順で操作する手順表示型インターフェースを提案した。若年/高齢ユーザによるユーザビリティ評価実験の結果から, 手順表示型インターフェース使用時における若年ユーザと高齢ユーザの認知プロセスの違いに着目し, 高齢ユーザの認知プロセスに適応した任意の手順で操作する項目選択型インターフェースを提案し, 高齢ユーザに対する有効性を評価した。その結果, 項目選択型インターフェースによるエアコンタイマー予約のユーザビリティ向上が示唆され, 炊飯予約, ビデオ録画予約に対しては項目選択型インターフェースに対する慣れによるユーザビリティ向上の可能性が示唆された。

ユーザの習熟適応性を考慮した情報家電のインターフェースに関する基礎的検討として, 情報家電コントロール端末のインターフェースが若年ユーザおよび高齢ユーザの習熟適応性に与える影響を検討した。

その結果, 認知・判断過程に係わる負担が大きいと考えられる手順表示型インターフェースに対しては習熟に時間を要する, もしくはほとんど習熟できないが, 認知プロセスによる検討から認知・判断過程に係わる負担が軽減されると考えられる項目選択型インターフェースに対しては短い使用時間で習熟できると示唆された。

このことから, ユーザの習熟促進要件を考慮したインターフェースを検討するために, ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法の有効性が示唆された。

7.1.3 認知プロセスの活用によるインターフェース検討の有効性

本研究結果より、ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法が、加齢による認知・判断機能の変化を考慮し、またユーザの習熟促進性を考慮したインターフェースの検討に有効であることが示唆される。特に、同一の方法を用いて ITS の高齢化対応インターフェースと情報家電の高齢化対応インターフェースをそれぞれ検討できたことから、情報機器とユーザとのインタラクション形態が異なる ITS と情報家電に対して認知プロセスの活用によるインターフェース要件の検討方法を適用可能であると示唆される。

ITS とユーザとのインタラクション形態と情報家電とユーザとのインタラクション形態の違いは、それぞれの機器使用時に要求されるユーザの情報処理時間の違いとも解釈できる。つまり、ITS は運転中に使用するため時間的に早い情報処理（リアルタイムな情報処理）が必要となるが、情報家電の使用は運転という制約が無いため、時間的にある程度長い情報処理（ノンリアルタイムな情報処理）を行う。このように要求される情報処理時間の異なる情報機器の使用に対して同一の認知プロセスを適用可能であったのは、機器使用時の情報処理を認知プロセスの単位に分割すると、ITS でも情報家電でもそれほど大きな時間差ではないことが考えられる。逆に、ある程度の時間幅であれば、ユーザは要求される情報処理タスクに対して（限度はあるが）フレキシブルに対応可能であるといえる。

ユーザの認知プロセスを活用したインターフェース要件の検討方法による新たな情報提示／情報提供方法によって、ユーザの認知・判断過程の効率化につながり、ITS／情報家電使用時に必要な情報処理時間の減少および処理過程の削減に寄与したことが、加齢に伴う情報処理速度の低下と処理能力の減少が見られる[65]高齢ユーザに対するユーザビリティ向上に有効であったと考えられる（図 7.1）。またこの考え方は、ITS と情報家電に限定されるのではなく、より広く情報機器とユーザとのインタラクションの中で、情報機器の高齢化対応インターフェース検討に適用できると思われる。

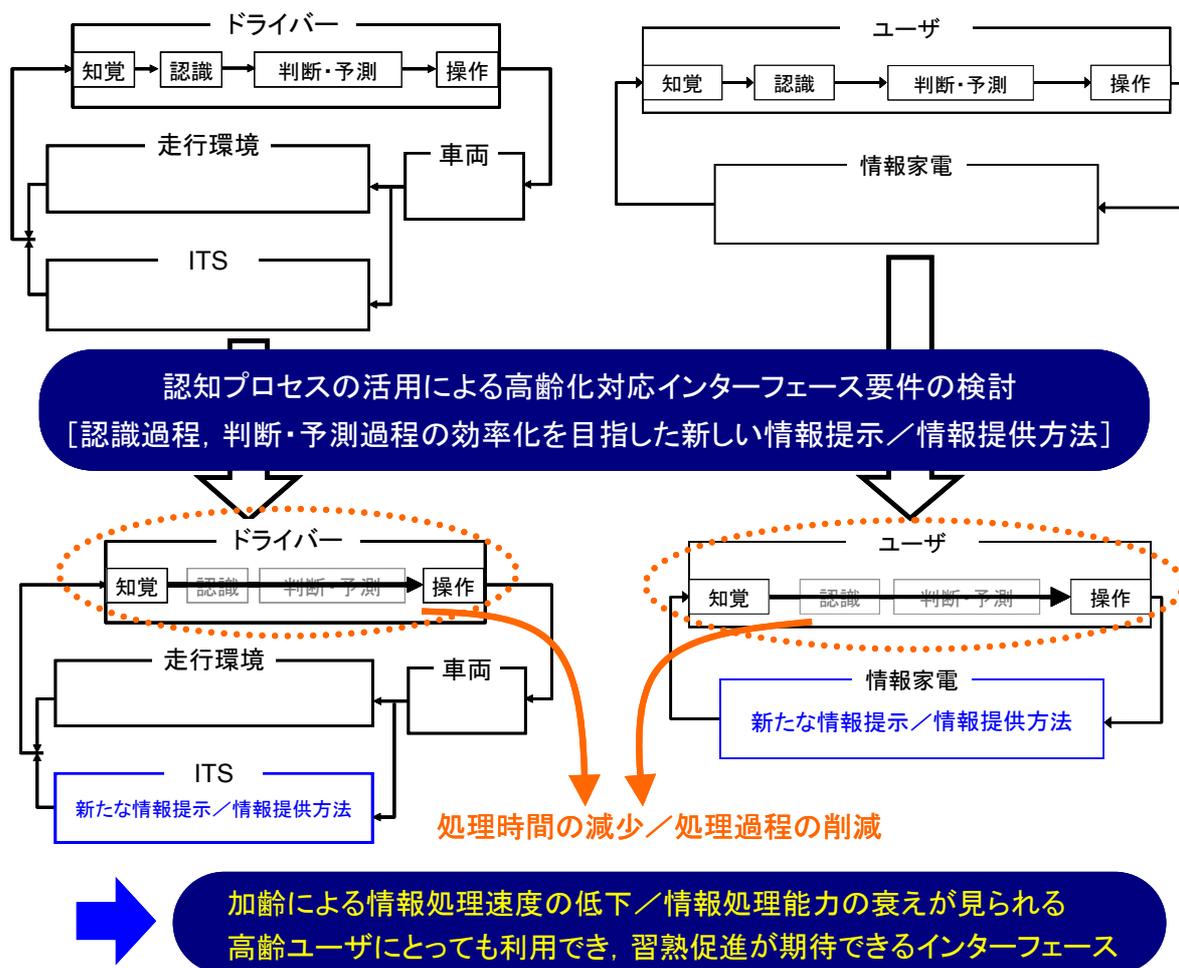


図 7.1 ユーザの認知プロセスの活用による高齢化対応インターフェース要件の検討方法の有効性

7.2 今後の課題

本研究では、ユーザの習熟適応性に着目し、使用日数の観点でのユーザ利用経過を取り上げた。ここでは基礎的検討を行ったため、本研究で得られた知見を基に、使用日数の観点でのユーザ利用経過を考慮したインターフェースに関する更なる研究が必要である。すなわち、車載ナビゲーションシステムとドライバーとのインタラクションにおける認知・判断過程でのドライバー習熟適応性を検討する。また情報家電コントロール端末に対するユーザ習熟適応性を、より長期に渡った使用日数で評価し、ユーザの習熟適応性と使用日時によるユーザの心身状態の変化がどのように情報家電コントロール端末のユーザビリティに影響を及ぼすのか（習熟適応性と心身状態の変化の両方の影響が見られた場合につ

いて、習熟適応性と心身状態の変化のどちらの影響が強いのかについて) 検討する必要がある。

本研究では、使用日数の観点からのユーザの利用経過に着目した。ユーザの利用経過として、移動支援機器使用時には使用時間による利用経過も考えられる。今後、図 7.2 に示すように、使用時間の観点でのドライバー利用経過による移動支援機器使用時に及ぼす影響、つまり使用時間の経過によるドライバーの利用状況の変化、短時間でのドライバー習熟適応性、長時間におけるドライバー疲労が移動支援機器のユーザビリティに及ぼす影響を検討することが必要である。

また実用性の観点から、本研究で提案したインターフェースによるユーザビリティ向上は実験により検証できたが、普及を促進するためのユーザ受容性に関しては今後検討する必要がある。3.3 節で示したように、情報機器に対する高齢ユーザのアクセシビリティ指針に関して JIS 化、ISO 化されつつあり、これらと本論文で検討したインターフェース要件との対応を今後検討する必要がある。

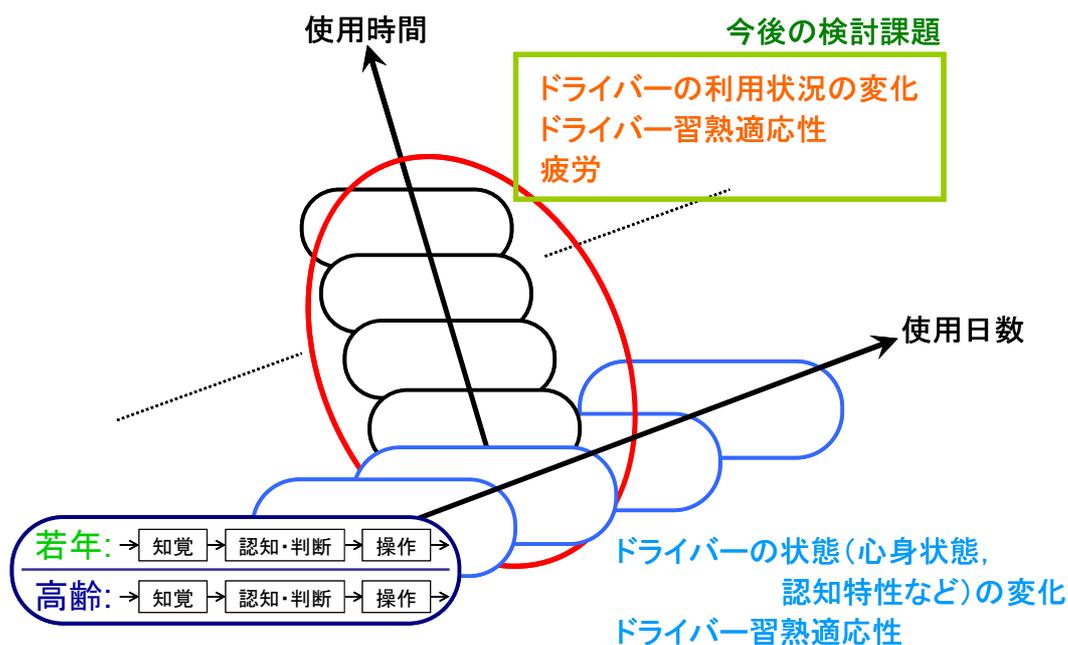


図 7.2 使用時間の観点でのユーザ利用経過

参考文献

- [1] 内閣府 経済社会総合研究所, “消費動向調査”, <http://www.esri.cao.go.jp/index.html>.
- [2] (株)情報通信総合研究所, 財団法人日本電信電話ユーザ協会, “ユビキタス・ネットワークに関するユーザニーズ調査結果について”, pp.3-6, 2002.
- [3] 国土交通省道路局 ITS ホームページ, “カーナビ・VICS の出荷台数”, http://www.its.go.jp/ITS/j-html/topindex/topindex_navivics.html.
- [4] ETC 総合情報ポータルサイト, “ETC の普及・利用状況”, <http://www.go-etc.jp/fukyu/fukyu.html>.
- [5] 藤原義久, 柳田宏治, “ユーザビリティに係わる国際標準企画の動向”, SANYO TECHNICAL REVIEW, Vol.33, No.3, pp.8-15, 2001.
- [6] 石橋基範, “ドライバーの個人特性の評価法と自動車への応用”, シンポジウム「ヒューマートロニクス」, No.06-04, pp.23-30, 2004.
- [7] 国土交通省道路局 ITS ホームページ, “基礎情報 ITS とは?”, http://www.its.go.jp/ITS/j-html/topindex_c1.html.
- [8] US. DOT, “National Intelligent Transportation Systems Program Plan, A Ten-Year Vision.”, January 2002.
- [9] ITS ハンドブック 2003-2004, “政府の ITS への取り組み”, pp.74-75, 2003.
- [10] ITS ハンドブック 2003-2004, “システムアーキテクチャ”, pp.76-87, 2003.
- [11] AHSRA ホームページ, <http://www.ahsra.or.jp/>.
- [12] 津川定之, “ここまで来た日本の ITS 技術”, 自動車技術, Vol.58, No.1, pp.75-80, 2004.
- [13] 佐藤健治, “先進安全自動車 (ASV) の研究開発状況”, 自動車研究, Vol.22, No.10, pp.470-474, 2000.
- [14] 石田勝利, “第3期 ASV 推進計画について”, 2003 年春季大会 GIA フォーラム, pp.63-67, 2003.
- [15] R. Resendes and K. H. Martin, “Intelligent Vehicles Initiative 2002 Annual Report –Saving Lives Through Advanced Vehicle Safety Technology”, FHWA-OP-03-101, 2003.
- [16] US DOT’S ITS PROGRAM – MAJOR INITIATIVES, Vehicle Infrastructure Integration, <http://www.its.dot.gov/initiatives/initiative9.htm>.
- [17] US DOT’S ITS PROGRAM – MAJOR INITIATIVES, Cooperative Intersection Collision Avoidance Systems, <http://www.its.dot.gov/initiatives/initiative2.htm>.
- [18] ADASE ホームページ, <http://www.adase2.net/>
- [19] H. Bullinger and M. Dangelmaier, “Virtual prototyping and testing of in-vehicle interfaces”, Ergonomics, Vol. 46, No.1-3, pp.41-51, 2003.
- [20] Ehmanns, Dirk and Spannheimer, Helmut, “ADASE Roadmap”, IST-2000-28010, 2001.

- [21] ADVISORS のホームページ, <http://www.advisors.iao.fraunhofer.de/>
- [22] COMUNICAR のホームページ, <http://www.comunicar-eu.org/>
- [23] AWAKE のホームページ, <http://www.awake-eu.org/>
- [24] ERTICO のホームページ, <http://www.ertico.com/index.htm>
- [25] PReVENT のホームページ, <http://www.ertico.com/activiti/projects/prevent/index.htm>
- [26] RESPONSE のホームページ, <http://www.ertico.com/activiti/projects/response/response.htm>
- [27] 鈴木桂輔, “欧州での Intelligent Speed Adaptation (ISA) プロジェクトの概要”, 自動車研究, Vol.25, No.2, pp.25-36, 2003.
- [28] S. L. Comte, “New systems: new behaviour?”, Transportation Research Part F, pp.95-111, 2000.
- [29] パイオニアのホームページ, <http://www.pioneer.co.jp/carrozzeria/>
- [30] トヨタ純正ナビゲーションのホームページ,
<http://www.toyota.co.jp/toyota-navi/index.html>
- [31] 田久保宣晃, 木平真, “事故データに基づくカーナビ利用時の脇見の分析”, シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」, pp.109-112, 2002.
- [32] 伊藤敏行, “日本における車載用画像表示装置の安全性ガイドライン”, 自動車研究, Vol.20, No.6, pp.13-16, 1998.
- [33] T. Ito and Y. Miki, “Japan’s Safety Guideline on In-vehicle Display Systems”, Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems (CD-ROM), 1997.
- [34] 伊藤敏行, 麻生勤, 内田信行, “車載情報機器の安全性向上に対する自工会の取り組み第3報”, シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」, pp.21-26, 2001.
- [35] 伊藤肇, “カーナビゲーションの海外動向と国際標準化の動き”, 国際交通安全学会誌, Vol.26, No.4, pp.232-242, 2001.
- [36] 新谷研二, 木村賢治, 渥美文治, “カーナビゲーションの走行中許容操作に関する国際標準化動向”, シンポジウム「カーナビ・携帯電話の利用性と人間工学」, pp.71-74, 2000.
- [37] 岡卓爾ほか, “ステレオ超音波センサによる狭路走行支援システムの開発”, 自動車技術, Vol.53, No.7, 24~29, 1999.
- [38] 薦田紀雄, “「走行制御」の国際標準化活動”, 自動車技術, Vol.52, No.2, 39~45, 1998.
- [39] K. Saneyoshi, “Drive assist system using stereo image recognition”, Proceedings of 1996 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.230-235, 1996.
- [40] 十川能之, 塙圭二, “ステレオ画像認識による車両前方監視システム”, 自動車技術, Vol.56, No.4, pp.34-39, 2002.
- [41] 池田敦ほか, “ドライバーの特性を考慮した狭路走行支援システムのヒューマンインターフェースの研究”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.976, pp.223-226, 1997.
- [42] 麻生勤, “車載ディスプレイ搭載位置に関する研究”, 自動車研究, Vol.22, No.10,

- pp.483-486, 2000.
- [43] 佐藤稔久, 川嶋弘尚, 大門樹, 池田敦, 木下昌裕, “狭路走行支援システムにおける視覚情報提供方法に関する研究”, 自動車技術会論文集, Vol.33, No.4, pp.185-190, 2002.
- [44] 保坂良資, “表示装置特性 作業者パフォーマンスの効果”, ヒューマンファクター 新人間工学ハンドブック, 大島正光監訳, 同文書院, 東京, pp.173-180, 1989.
- [45] 美濃導彦, 中村素典, “情報家電の考え方”, 情報処理, Vol.42, No.11, pp.1049-1054, 2001.
- [46] 浅部勉, 西川宏, 長光左千男, 宮部義幸, “家電業界が考える家電情報化へのアプローチ”, 情報処理, Vol.42, No.11, pp.1070-1076, 2001.
- [47] ECHONET のホームページ, <http://www.echonet.gr.jp/index.htm>
- [48] 徳田英幸, 中澤仁, “計算機業界からの情報家電へのアプローチ –情報家電ミドルウェアの課題–”, 情報処理, Vol.42, No.11, pp.1063-1069, 2001.
- [49] UPnP のホームページ, <http://www.upnp.org/>
- [50] 情報家電モデルハウス (JEITA HOUSE) のホームページ,
<http://www.eclipse-jp.com/jeita/index2.html>
- [51] 一色正男, 平原茂利夫, 岸本卓也, “ネットワーク家電 “FEMINITY シリーズ” のシステム概要 “”, 東芝レビュー, Vol.57, No.10, pp.7-10, 2002.
- [52] FEMINITY シリーズのホームページ, <http://feminity.toshiba.co.jp/feminity/index.html>
- [53] 木村朝子, 森内正樹, 加藤博一, 井口征士, “ユーザ特性に適応したリモコンインタフェースの検討ービデオリモコンにおけるユーザ特性ー”, 第 14 回ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集, pp.43-48, 1998.
- [54] 大内一成, 鈴木琢治, 亀山研一, “生体情報を利用したウェアラブル家電リモコン”, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2003 論文集 (CD-ROM), 2003.
- [55] 佐藤宏, 渡辺昌洋, 西田亨邦, 森住俊美, “指紋認識により操作するリモコンの開発”, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2002 論文集 (CD-ROM), 2002.
- [56] 伊田政樹, 木原千怜, 酒井俊幸, 水町光徳, 石田勉, 木田豊, 山本誠一, 柳田益造, “次世代情報家電制御のための音声インタフェースの試作”, 情報処理学会第 66 回全国大会講演論文集 (CD-ROM), pp.5-149 – 5-152, 2004.
- [57] M. Burmester, J. Machate and J. Klein, “Access for all: HEPHAISTOS - A Personal Home Assistant –”, CHI 97 Electronic Publications: Demonstrations,
<http://www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings/demo/jam.htm>, 1997.
- [58] 世界保健機関 (WHO: World Health Organization) のホームページ, <http://www.who.int/en/>.
- [59] 国立社会保障・人口問題研究所, “日本の将来推計人口”, pp.2, 10,12, 2002.
- [60] 内閣府, “高齢社会対策大綱”, <http://www8.cao.go.jp/kourei/measure/taikou/index-t.html>, 2001.
- [61] 中小企業総合事業団 調査・国際部, “需要動向調査報告書 高齢者意識調査”, 2001.

- [62] 吉本照子, “高齢化対応”, 自動車の人間工学技術, 朝倉書店, pp.117-127, 1998.
- [63] 人間生活工学研究センター (Research Institute of Human Engineering for Quality Life; HQL) “高齢者身体機能データベース”, <http://www.hql.or.jp/gpd/jpn/adb/main/index.html>, .
- [64] 徳田哲男, “加齢と個人差”, 人間工学ハンドブック, 伊藤謙治他, 編集, 朝倉書店, pp.127-135, 2003.
- [65] 小谷津孝明, 星薫, “老人の認知”, 認知心理学, 放送大学教育振興会, pp.157-171, 1994.
- [66] D. C. Park and N. Schwarz (口ノ町康夫, 坂田陽子, 川口潤監訳), “認知のエイジング 入門編”, 北大路書房, 京都, pp.9-21, 2004.
- [67] J. Gerontology, “Vision, Aging, and Driving: The Problems of Older Driving.”, Psychological Sciences, Vol. 47, No. 1, pp.27-34, 1992.
- [68] 厚生労働省, “厚生白書”, <http://www.hakusyo.mhlw.go.jp/mhlw/index.html>, 1987.
- [69] 経済産業省, “障害者・高齢者等情報処理機器アクセシビリティ指針”, 2000.
- [70] JIS(素案), “高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信機器・サービス— Part1, Part2”, 2003.
- [71] 片山硬, “高齢者の運転特性”, 自動車研究, Vol. 23 , No.1, pp.49-55, 2001.
- [72] 宇野宏, “通常走行時の高齢ドライバの運転特性”, 自動車技術会 2002 年春季大会前刷集, No.5-02, pp.1-6, 2002.
- [73] F. Schieber and J. M. Benedetto, “Age Differences in the Functional Field-of-view While Driving: a Preliminary Simulator-based Study”, Proceedings of the HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY 42nd ANNUAL MEETING, pp.176-180, 1998.
- [74] M. Maltz and D. Shinar, “Eye Movements of Younger and Older Drivers”, Human Factors, Vol. 41, No.1, pp.15-25, 1999.
- [75] A. J. McKnight and A. S. McKnight, “Multivariate Analysis of Age-related Driver Ability and Performance Deficits”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 31, pp.445-454, 1999.
- [76] L. H. Blomqvist and B. Peters, “Recent European research on older drivers”, Accident Analysis and Prevention, Vol.32, pp.601-607, 2000.
- [77] S. Breker, P. Henriksson, G. Eeckhout, T. Falkmer, A. Siren, L. H. Blomqvist, E. Bekiaris, M. Panou and E. Leue “Problems of elderly in relation to the driving task and relevant critical scenarios”, Aged People Integration, Mobility, Safety, and Quality of Life Enhancement Through Driving, QLRT-2001-00118, 2001.
- [78] H. Widlroither, L. Hagenmeyer, S. Breker and M. Panou, “On designing automotive HMIs for elderly drivers: the AGILE initiative”, Proceedings of HCII2003, 2003.
- [79] T. A. Dingus, M. C. Hulse, M. A. Mollenhauer, R. N. Fleischman, D. V. Mcgehee and N. Manakkal, “Effects of Age, System Experience, and Navigation Technique on Driving with an Advanced Traveler Information System”, Human Factors, Vol. 39, No.2, pp.177-199, 1997.

- [80] A. Pauzie and C. Marin-Lamellet, "Analysis of Aging Drivers Behaviors Navigating with In-Vehicle Visual Display Systems", Proceedings of 1st Vehicle Navigation and Information Systems Conference, pp.61-67, 1989.
- [81] J. E. Fox, "The Effects of Age and ATIS Use on Driving Performance: a Simulator Study", Proceedings of the HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY 42nd ANNUAL MEETING, pp.1276-1280, 1998.
- [82] P. Green, "Variations in Task Performance Between Younger and Older Drivers: UMTRI Research on Telematics", Presented at the Association for the Advancement of Automotive Medicine Conference on Aging and Driving, Michigan, 2001.
- [83] 麻生勤, 飯星明, "高齢者のカーナビ操作に関する研究", 自動車技術会 2003 年春季大会前刷集, No.17-03, pp.11-14, 2003.
- [84] 坂口靖雄, 樋口和則, 杉山和彦, 中野倫明, "視覚特性に基づく車載表示機器の文字サイズと配色の決定", トヨタ中央研究所 R&D レビュー, Vol. 35, No.2, pp.11-18, 2000.
- [85] 鎌田実, 藤井直人, 秋山哲男, "高齢者の使用に適した移動具の研究 第 1 報 ; 高齢者の特性調査とそれに基づく移動具への要求機能の検討", 日本機械学会論文集(C 編), Vol.68, No.665, pp.220-227, 2002.
- [86] 鎌田実, 畝田真宏, 寺島義人, 藤井直人, 秋山哲男, "高齢者の使用に適した移動具の研究 第 2 報 ; シルバービークルコンセプトの提案とプロトタイプ製作・評価", 日本機械学会論文集(C 編), Vol.68, No.669, pp.1487-1494, 2002.
- [87] 鎌田実, 寺島義人, 藤井直人, 秋山哲男, "高齢者の使用に適した移動具の研究 第 3 報 ; タウンモビリティ社会実験による提案コンセプトの評価とまちづくりの方向性", 日本機械学会論文集(C 編), Vol.68, No.669, pp.1495-1502, 2002.
- [88] A. Ishimoto, H. Sawashima and M. Yoshioka, "Comparison between Young Users and Elderly Users in Key Operation", Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 1, pp.MA115, 2002.
- [89] H. Iwase and A. Murata, "Comparison of Mouse Performance between Young and Elderly -Basic Study for Designing Mouse Proper for Elderly-", Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 1, pp.MA113, 2002.
- [90] H. Iwase and A. Murata, "Empirical Study on Improvement of Usability for Touch-Panel for Elderly", Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 1, pp.MA114, 2002.
- [91] A. Ishimoto, H. Sawashima and M. Yoshioka, "Study on Properness of Characters on Various Display Devices for Elderly Users", Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 1, pp.MA112, 2002.
- [92] 澤島秀成, 原田悦子, 赤津裕子, 南部美砂子, 石本明生, "高齢者の IT 機器ユーザビリティテスト (1) : ATM を対象とした事例分析", 日本人間工学会第 43 回大会講演

- 集, pp.244-245, 2002.
- [93] 南部美砂子, 原田悦子, 赤津裕子, 澤島秀成, 石本明生, “高齢者の IT 機器ユーザビリティテスト (2) : L-mode 電話機を対象とした事例分析”, 日本人間工学会第 43 回大会講演集, pp.246-247, 2002.
- [94] 赤津裕子, 原田悦子, 南部美砂子, 澤島秀成, 石本明生, “高齢者の IT 機器ユーザビリティテスト (3) : テレビゲームを対象とした事例分析”, 日本人間工学会第 43 回大会講演集, pp.248-249, 2002.
- [95] 石本明生, 澤島秀成, 吉岡松太郎, “高齢者の IT 利用特性に関するデータベースの構築—データベースの設計・構築及びその活用方法—”, 日本人間工学会第 43 回大会講演集, pp.250-251, 2002.
- [96] A. Ishimoto, M. Yoshioka and H. Sawashima, “Database for Elderly Users’ Utilization of Information Devices -Design, Construction and Application of Database-”, Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 1, pp.MA111, 2002.
- [97] 多田美香里, “高齢者における情報機器の操作性に関する試験研究”, 兵庫県立生活科学研究所, 2002.
- [98] 大森正子, ほか, “高齢者の携帯電話のユーザビリティ”, シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」, pp.61-66, 2001.
- [99] M. Omori, T. Watanabe, J. Takai, H. Takada and M. Miyao, “Visibility and characteristics of the mobile phones for elderly people”, Behaviour & Information Technology, Vol.21, No.5, pp.313-316, 2002.
- [100] 堀敏也, 竹本賢太郎, 森本一成, 黒川隆夫, 久代紀之, 井上雅祐, “高齢者向け家電用リモートコントローラ的设计とそのユーザビリティ評価”, ヒューマンインタフェースシンポジウム’99 論文集, pp.261-266, 1999.
- [101] 竹本賢太郎, 堀敏也, 森本一成, 黒川隆夫, 久代紀之, 井上雅祐, “高齢者の操作特性に基づくリモートコントローラ的设计とその使いやすさの評価”, ヒューマンインタフェースシンポジウム’99 論文集, pp.267-272, 1999.
- [102] ロノ町康夫, 倉片憲治, 久場康良, 熊田孝恒, “高齢者に親和性のあるヒューマンインタフェース”, 音声言語情報処理, Vol. 20 (6), pp.39-44, 1998.
- [103] ロノ町康夫, 熊田孝恒, “高齢者の認知機能低下と生活行動”, 人間計測ハンドブック, 独立行政法人産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門編, 朝倉書店, 東京, pp.664-668, 2003.
- [104] 伊藤謙治, “メンタルワークロードへのアプローチとしての認知モデル”, 人間工学, Vol.29, No.6, pp.367-363, 1993.
- [105] D. A. Norman (野島久雄訳), “誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン言論”, 新曜社, 東京, pp.74-80, 1990.

- [106] 高橋宏, 佐藤宏, “ITS時代の自動車制御におけるドライバと車両の関係についての考察 –認知科学的視点からACCを例として–”, 自動車技術, Vol.52, No.10, pp.74-79, 1998.
- [107] T. Sato, T. Daimon, H. Kawashima, M. Kinoshita and A. Ikeda, “Fundamental Study on Human Interface of Narrow Road Drive Assist System Based on Drivers’ Cognitive Process”, JSAE Review, Vol.24, No.2, pp.189-196, 2003.
- [108] T. Sato, H. Kawashima, T. Daimon, A. Ikeda and M. Kinoshita, “A Study on Human Interface of Narrow Road Driving Assistance System Based on Drivers’ Information Processing”, Proceedings of the 8th World Congress on Intelligent Transport Systems (CD-ROM), 2001.
- [109] T. Sato, H. Kawashima and T. Daimon, “Study on Displaying Method for Narrow Road Driving Assistance System Based on Elderly Drivers’ Characteristics”, HCI International 2003 Adjunct Proceedings, pp.233-234, 2003.
- [110] 佐々木正人, “アフォーダンス: 新しい認知の理論”, 岩波書店, 東京, pp.60-66, 1994.
- [111] 佐藤稔久, 川嶋弘尚, 大門樹, 池田敦, 木下昌裕, “狭路走行支援システム使用時における高齢ドライバー特性に関する研究”, 人間工学, Vol.40, No.1, pp.1-11, 2004.
- [112] G.E. Cooper and R.P. Harper, “The use of pilot ratings in the evaluation of aircraft handling qualities”, NASA Ames Technical Report NASA TN-D-5153, Moffett Field, California, NASA Ames Research Center, 1969.
- [113] J. H. Skipper, C. A. Rieger and W. W. Wierwille, “Evaluation of decision-tree rating scales for mental workload estimation”, Ergonomics, Vol.29, No.4, pp.585-599, 1986.
- [114] K. Hiramatsu, et al., “Design Principles of the Advanced Safety Vehicle”, Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Transport Systems (CD-ROM), 2000.
- [115] 内田信行, ほか, “見通しのよい交差点における高齢運転者の出合頭事故”, 自動車技術会論文集, Vol. 30, No.3, pp.117-121, 1999.
- [116] 津居隆之, ほか, “高齢者の視覚特性を考慮した表示器の必要性能”, 自動車技術会論文集, Vol. 33, No.1, pp.81-84, 2002.
- [117] F. Schieber and J.M. Benedetto, “Age differences in the functional field-of-view while driving: a preliminary simulator-based study”, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting, pp.176-180, 1998.
- [118] J. S. Wolffsohn, N.A. McBrien, G. K. Edgar and T. Stout, “The influence of cognition and age on accommodation, detection rate and response times when using a car head-up display (HUD)”, Ophthalmic and Physiological Optics, Vol. 18, No. 3, pp.243-253, 1998.
- [119] R. Graham and V.A. Mitchell, “An Evaluation of the Ability of Drivers to Assimilate and Retain In-Vehicle Traffic Messages”, N.Y. Ian, Ergonomics and Safety of Intelligent Driver

- Interfaces, pp.97-114, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1997.
- [120] 清水麻衣子, 佐藤稔久, 大門樹, 川嶋弘尚, “高齢者の特性を考慮した情報家電ヒューマンインタフェースに関する基礎的研究”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2004 論文集, pp.11-16, 2004.
- [121] 竹谷智良, 淀川英司, “ATM における階層画面のユーザーインタフェース”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001 論文集, pp.43-46, 2001.
- [122] 山岡俊樹, 岡田明, “応用人間工学の視点に基づくユーザインタフェースデザインの実践”, 海文堂, 東京, pp.117-118, 1999.
- [123] 長澤有恒, “メンタルワークロード(MWL)に関する雑感”, 人間工学, Vol. 29, No. 6, 1993.
- [124] H. Ito, H. Uno, B. Atsumi and M. Akamatsu, “Visual distraction while driving: trends in research and standardization”, IATSS RESEARCH, Vol. 25, No. 2, pp.20-28, 2001.
- [125] 中村善宏, 加藤康之, 満永豊, “ユーザの試行時間に着目した習熟度指数の提案”, 電子情報通信学会論文誌, A Vol. J72-A, No.2, pp.416-423, 1996.
- [126] O. Nakayama, T. Futami, T. Nakamura and E. R. Boer, “Development of a steering entropy method for evaluating driver workload”, SAE TECHNICAL PAPER, 1999-01-0891, 1999.
- [127] H. Nemoto, T. Yanagishima, M. Taguchi and J. M. Wood, “Driving workload comparison between older and younger drivers using the steering entropy method”, SAE TECHNICAL PAPER, 2002-01-2080, 2002.
- [128] 片山硬, 橋本博, 阪井和男, “自動車運転時のドライバーの脈波のゆらぎ”, 自動車技術会論文集, Vol.27, No.4, pp.89-93, 1996.
- [129] 橋本博, 片山硬, “運転者の脈波のゆらぎと心身状態について”, 自動車技術, Vol.52, No.4, pp.21-25, 1998.
- [130] P. Park, “Comparison of subjective mental workload assessment techniques for the evaluation of in-vehicle navigation system usability”, Proceedings of the 5th ITS World Congress (CD-ROM), 1998.
- [131] S. G. Hart and L. E. Staveland, “Development of NASA-TLX; results of empirical and theoretical research”, HUMAN MENTAL WORKLOAD, In P. A. Hancock and N. Meshkati, North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V, pp.139-183, 1998.
- [132] 佐藤稔久, 矢口徹, 大門樹, 川嶋弘尚, “カーナビ操作の習熟適応過程に関する評価指標の一考察”, シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」, pp.139-144, 2002.
- [133] T. Sato, T. Daimon and H. Kawashima, “Fundamental Study on Evaluation of Drivers’ Learning and Adaptive Process When Using In-Vehicle Navigation Systems”, Proceedings of IEA XVth Triennial Congress (CD-ROM), 2003.

- [134] 佐藤稔久, 矢口徹, 大門樹, 川嶋弘尚, “車載ナビゲーションシステムの入力デバイスに基づいたドライバー習熟適応性に関する基礎的研究”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, pp.63-66, 2002.
- [135] T. Sato, T. Daimon, H. Kawashima, “Preliminary Study on Drivers’ Adaptation to In-Vehicle Navigation Systems Based on Input Devices”, Proceedings of the 10th World Congress & Exhibition on ITS (CD-ROM), 2003.
- [136] 佐藤稔久, 大門樹, 川嶋弘尚, “交通環境による影響を考慮したカーナビ操作のドライバー習熟適応性に関する評価指標の基礎的研究”, シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」, pp.119-124, 2003.
- [137] 佐藤稔久, 大門樹, 川嶋弘尚, “交通条件が車載ナビゲーションシステム操作の習熟適応性に及ぼす影響”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.6-04, pp.9-14, 2004.
- [138] University of Stuttgart IAT and Helgeco S.A., “HEPHAISTOS: Home Environment Private Help AssISTant fOr elderly and disabled -FINAL REPORT- ”, Commission of the European Communities, Technology Initiative for Disabled and Elderly people (Tide), Faunhofer IRB Verlag, 1996.
- [139] 竹馬真樹, 胡振程, 内村圭一, “次世代ナビにおける道路案内や交通情報の AR 空間への表示”, 第 3 回 ITS シンポジウム 2004 論文集, 2004.
- [140] ISO/TC159/SC4/WG6, “Human-centered design process for interactive systems; ISO 13407”, ISO, 1999.
- [141] J. ラスムッセン, “インタフェースの認知工学 人と機械の知的かかわりの科学”, 海保博之, 加藤隆, 赤井真喜, 田辺文也訳, 啓学出版, 東京, pp.115-135, 1990.
- [142] J. Rasmussen, “Models of Human Information Processing”, Information Processing and Human-Machine Interaction An Approach to Cognitive Engineering, pp.99-115, Elsevier Science Publishing Co., Inc., North-Holland, Series Volume 12, 1986.
- [143] K. Shiki, T. Sato, T. Daimon, H. Kawashima and A. Ikeda, “Effects of Display Arrangement for Multiple- Warning Environment of In-Vehicle Information Systems on Driving Performance”, Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.459-464, 2004.
- [144] M. Baumann, A. Keinath, J. F. Krems and K. Bengler, “Evaluation of in-vehicle HMI using occlusion techniques: experimental results and practical implications”, Applied Ergonomics, Vol.35, No.3, pp.197-205, 2004.
- [145] 吉川榮和, 下田宏, “ヒューマンインタフェースの心理と生理 第 1 回認知的アプローチ”, ヒューマンインタフェース学会, Vol. 1, No. 2, pp.2-13, 1999.
- [146] 小松原明哲, “認知人間工学からみたベテラン作業者のヒューマンエラーの防止例”, 人間計測ハンドブック, 独立行政法人産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門編, 朝倉書店, 東京, pp.814-819, 2003.

謝 辞

本研究を行うにあたり、有益な御助言と御指導をいただいた慶應義塾大学理工学部教授川嶋弘尚先生に深く感謝いたします。ユーザの利用経過への着目など、将来を見据えた的確なアドバイスがなければ、本論文の完成には至らなかったことと思います。川嶋先生には、いつも温かく見守って頂き、様々な経験から研究する上での心構えを教えていただきました。

慶應義塾大学理工学部助教授 岡田有策先生には、本論文の副査を御快諾頂き、論文全般にわたり多くの貴重な御意見をいただきました。また慶應義塾大学理工学部教授 山口高平先生には、本論文の副査をお引き受けいただき、方法論に関して有益なコメントをいただきました。ここに謹んで感謝いたします。

慶應義塾大学理工学部助教授 大門樹先生には、研究内容のみならず、研究の進め方について機会ある毎に御助言いただき、また本論文のために貴重な時間を割いてくださり、様々なコメントをいただきました。大門先生との議論を通じて、ヒューマンインターフェースの研究の楽しさ、難しさを教えていただきました。心より感謝いたします。

また、早稲田大学人間科学部教授 石田敏郎先生には、お忙しい中、本論文の副査をお引き受けいただき、研究に関する議論を通じて大変貴重な御意見をいただきました、また認知モデルに関して様々な参考研究を御紹介して下さいました。深く感謝いたします。

独立行政法人産業技術研究所 企画本部統括企画主幹 赤松幹之先生には、数々の有益な御助言と示唆に富む御指摘を頂きました。赤松先生との議論を通じて、本論文をまとめる上でのヒントを得ることが出来ました。ここに、心から感謝いたします。

狭路走行支援システムに関する研究は、富士重工株式会社スバル技術研究所との共同研究により行われました。富士重工株式会社スバル技術研究所 池田敦氏、木下昌裕氏には、実験を進める上で、また実験結果を検討する上でも貴重なアドバイスを頂きました。心より感謝いたします。

車載ナビゲーションシステムの習熟に関する実験、情報家電に関する実験では、川嶋研究室の赤尾剛義氏、真瀬弘敬氏、清水麻衣子さんに御助力をいただき大変お世話になりました。また川嶋研究室の志岐堅太郎氏には、実験準備などで多くの御助力をいただきました。ここに、感謝いたします。

そして、実験に御参加いただいた高齢被験者の皆様、若年被験者の皆様に心から感謝いたします。また、川嶋研究室の同期の皆様、後輩の皆様からは、機会あるごとに激励の言葉を頂きました。ここに感謝いたします。

最後に、私を全面的にサポートして下さいました両親、常日頃から励まし、健康面、精神面ともに支えてくれた妻 佐千子にお礼を述べると同時に、心から感謝いたします。

平成 17 年 1 月
佐藤稔久