

運転中情報機器操作性の評価法

脇田 敏裕[†] 寺 嶋 立 太[†] 小 島 真 一[†]
清 水 司[†] 本 郷 武 朗[†]

車載情報機器の操作性を客観的かつ定量的に評価し、操作仕様から評価値を予測する方法を作成した。視認手操作と音声操作に関して、利便性と安全性との側面で評価を行うことができる。利便性の指標としてはタスク達成時間を、安全性の指標としては状況変化への反応遅れ割合を用いた。作成した手法を用いて、音声操作と視認手操作との比較を行った。音声操作は視認手操作に比べ、利便性および安全性に優れた操作であることが定量的に示された。

Objective Evaluation Method of In-vehicle Information System Usability

TOSHIHIRO WAKITA,[†] RYUTA TERASHIMA,[†] SHIN'ICHI KOJIMA,[†]
TUKASA SHIMIZU[†] and TAKERO HONGO[†]

Objective evaluation method of in-vehicle information system usability was developed. With the method, the safety and the accessibility of the system can be evaluated, and can be calculated from the system specification. The method use "total task time" as the index of accessibility and "ratio of delayed reaction time" as the index of safety. An auditory interface and a visual interface was compared by the method. The auditory interface was better than the visual interface in safety and accessibility.

1. はじめに

近年、カーナビゲーションシステムをはじめとして、運転中の情報機器使用が一般的になってきた。今後、ITS(高度道路交通システム)技術や情報通信技術が進歩するにともない、この傾向はさらに進むと思われる。これらの機器は、たとえば、ドライバにとって未知の道路を目的地まで誘導してくれる、といった優れた機能を実現することができる。ただし、運転中に使用する機器であるため、便利であると同時に安全であることが求められる。今後、運転中の操作に適した操作系を実現していくためには、以下の2点の明確化が必要である。

- 運転中情報機器操作性の客観評価指標
- 評価指標と操作系の設計仕様との関係

前者により、異なる操作系の優劣を判断することができ、操作系の開発や改良の指針を得ることができる。車載情報機器の操作には主として、キーやタッチパネルを目で視認して指で触れる操作(以下「視認手操作」と呼ぶ)と音声認識技術を用いた音声操作が使われて

いるため、これらを同一の指標で評価できる必要がある。また後者により、操作系仕様などの部分をどう改良すべきかが明確になり改良効果の予測を行うことができる。従来から運転中情報機器操作に関する研究が行われてきたが、評価対象が視認手操作に限定されており^{4),12)}、これらを満たす指標は提案されていない。そこで本研究は、視認手操作および音声操作に適用可能な評価指標を定め、設計仕様との関係を明らかにすることを目的に行った。

研究は、まず最初に評価指標を定め、操作性評価実験を行って指標を計測し、操作をモデル化することで操作性改善効果の予測手法を作成し、予測値を実測値で検証する、という手順で行った。以下、3章で、音声操作の実験と評価指標の予測について述べる。次に、4章で、視認手操作の実験と評価指標の予測について述べる。最後に5章で評価法適用例に関して述べる。

2. 評価指標

評価指標は、利便性と安全性に関して検討した。

2.1 利便性

利便性に関しては、操作時間、操作回数、タスク達成率、初心者と設計者との操作時間倍率³⁾、など様々な指標が提案されてきた。本研究では時々刻々移動し

[†] 豊田中央研究所

Toyota Central R&D Labs., Inc.

ている運転中の操作を対象とするため、できるだけ早くタスクを達成できることが重要であると考えた。たとえば、進路上の交通情報を検索する場合、操作に時間がかかり、渋滞を避けるために曲がるべき交差点を過ぎてから「この先渋滞しています」との情報を得たとしても有用ではない。そこで、利便性の指標としてタスク達成時間（操作時間の期待値）を用いた。タスク達成時間は客観的に計測可能である。

2.2 安全性

安全性の指標として、視認手操作に関しては、操作時の総視認時間（1回あたりの視認時間×視認回数）が提案されてきた^{4)~6)}。しかしこの指標は視認をともなわない音声操作に適用することはできない。またNASA-TLX⁷⁾などの主観評価は評価の再現性・信頼性に問題がある。一方、運転中の情報機器に起因する事故の大半が追突事故（携帯電話：80%⁸⁾、カーナビゲーションシステム：60%⁹⁾）であることが報告されている。そこで安全性の指標として状況変化への反応遅れを用いた。反応遅れは我々が文献²⁾で提案した手法を用いることで、客観的に計測可能である。

3. 音声操作

3.1 実験1

音声操作の実験を行い、評価指標を計測した。

実験装置 PCで構成した音声対話システムを車両に搭載した。また、状況変化への反応遅れを計測するため、LEDによる刺激提示・反応収集装置を取りつけた（図1）。上下に接近したLED対をドライバの周辺視に相当する位置に左右1組ずつ設置し、それらの点灯をPCで制御する。ドライバの反応は、シフトレバーに取り付けたスイッチによりPCで記録する。また、実験車の前方風景と被験者の視線をVTRに収録した。

タスク 被験者は、1周約8分の社内の巡回コースを1周する間に、LED刺激反応タスクと音声対

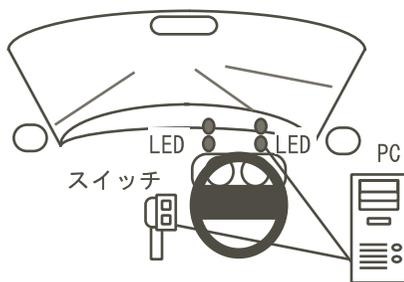


図1 音声操作実験装置

Fig. 1 Experiment apparatus for auditory interface.

話タスクを同時に繰り返し行う。

音声対話タスクでは、決められた検索条件（時刻、経路の始点地名、終点地名）での交通情報検索を音声対話システムを用いて行う。対話方式として、Slot Filling、定型文および単語列挙の3つの方式で実施した（付録 A.1 参照）。Slot Filling方式はシステムの問いかけに従って3つの検索条件を1つずつ入力し、定型文方式は1度に3つの検索条件を文の形で入力し、単語列挙方式は検索条件を単語の羅列で入力する。検索条件の入力後にシステムから確認応答があり、被験者は「はい」「いいえ」で答える。「いいえ」と答えた場合には、システムは再度、検索条件の入力を促す。音声認識において不認識となった場合、システムは「もう一度言ってください」と入力を促す。なお、地名、時刻はそれぞれ24種類のバリエーションを持たせた。

LED刺激反応タスクでは、図1に示した4つLEDのうちのいずれかが1つが点灯し、被験者は点灯したLEDの上下の判定をスイッチによって答える。LED対を左右2組用意したのは、被験者の注意を特定のLED対に集中させないためである。「点灯発見-上下判断-スイッチ操作」により「認知-判断-操作」という実際の運転場面が必要な行動を模擬した。LEDの点灯間隔は、平均が6秒となるように5秒、6秒、7秒でランダムとした。LEDの点灯後2秒経っても被験者の反応がない場合は見落としと見なした。

被験者 男性3人（30代）

試行数 運転のみ、Slot Filling、定型文、単語列挙の4つの条件それぞれについて、社内の巡回コース10周分ずつ行った。

3.2 実験結果

3.2.1 タスク達成時間

図2に、それぞれの対話方式におけるタスク達成時間の平均値と標準偏差を示す。タスク達成時間が最も長いのがSlot Filling方式であり、定型文方式と単語

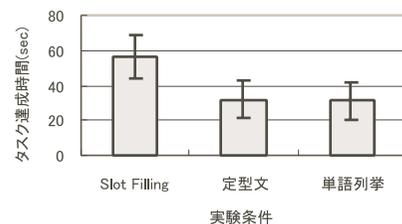


図2 音声操作タスク達成時間

Fig. 2 Total task time of dialog.

表 1 条件入力認識率

Table 1 Recognition rate of input dialog.

	Slot Filling 方式	定型文方式	単語列挙方式
認識率	90.5%	80.6%	83.4%
誤認識率	7.6%	6.3%	10.4%
不認識率	1.9%	13.1%	6.2%

列挙方式では、同程度であった。

表 1 に、検索条件入力における発声単位での認識率と誤認識率を示す。ここで、発声単位とは、Slot Filling 方式では 1 つの検索条件単語であり、定型文方式では検索入力文の全体であり、単語列挙方式では 3 つの検索条件単語の連なりである。

3.2.2 LED 刺激への反応遅れ割合

図 3 に反応遅れの割合を示す。反応遅れ割合は、全 LED 刺激のうち、“平均反応時間 + 3σ”以上の反応時間を要した刺激の割合を表す。σ は、被験者ごとに別途収集した停止時の音声対話なし条件の反応時間の分布の標準偏差である。結果は、音声対話なしの場合に最も反応遅れ割合が小さく、音声対話条件と有意な差があった(危険率 5%)。また、対話方式の違いによる有意な差は認められなかった。

3.3 音声操作指標の予測

3.3.1 タスク達成時間の予測

音声対話を状態遷移によって表し、遷移確率を音声認識率で定めることにより、音声操作のモデル化を行う。ここでは、文献 10) の方法を不認識および確認応答時の誤認識を含む場合に拡張してモデル化を試みた。

対話の状態を $S(i, j)$ で表し、1 回の検索条件入力における対話の状態遷移を図 4 に示す。i はシステムが既知である(認識している)が、確認をしていない検索条件入力の数である。j はシステムが確認した検索条件入力の数である。1 回の条件入力に対して考えているので、i および j は 0 または 1 である。不認識の場合は $S(N, 0)$ と表記する。

1 回の条件入力における対話の目標は、状態 $S(0, 0)$ から状態 $S(0, 1)$ に至ることである。ここで、状態 $S(i, j)$ から状態 $S(0, 1)$ に至るまでの時間の期待値を $T(i, j)$ とすると、

$$T(0, 0) = (p + q)(T_{Q/A} + T(1, 0)) + r(T_{Q/A} + T(N, 0)) \quad (1)$$

$$T(1, 0) = \frac{p \cdot p_{YN} + q \cdot q_{YN}}{p + q} T_{YN} + \frac{p \cdot q_{YN} + q \cdot p_{YN}}{p + q} (T_{YN} + T(0, 0)) \quad (2)$$

$$T(N, 0) = (p + q)(T_{AQ/A} + T(1, 0)) + r(T_{AQ/A} + T(N, 0)) \quad (3)$$

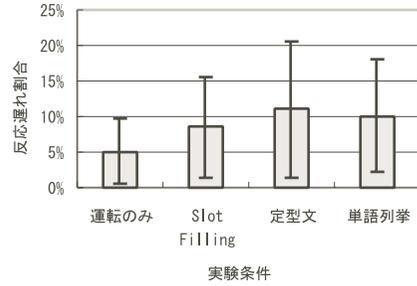


図 3 音声操作反応遅れ割合

Fig. 3 Ratio of delayed reaction time of dialog.

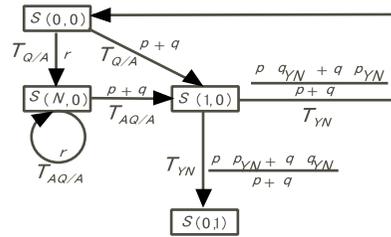


図 4 条件入力対話における状態遷移

Fig. 4 State transition of input dialog.

であり、式 (2), (3) を式 (1) に代入することで、

$$T(0, 0) = \frac{(p+q)(T_{Q/A} + T_{YN}) + rT_{AQ/A}}{p \cdot p_{YN} + q \cdot q_{YN}} \quad (4)$$

が得られる。ただしここでは簡単のため、確認応答対話時の不認識は発生しないと仮定した。p, q, r はそれぞれ条件入力発話に対する認識率、誤認識率、不認識率、p_{YN}, q_{YN} はそれぞれ確認応答時の認識率、誤認識率、T_{Q/A} は条件入力時の発話交換時間(「***を言ってください」「***」), T_{AQ/A} は不認識時後の発話交換時間(「もう一度言ってください」「***」), T_{YN} は確認発話交換時間(「***ですね?」「はい(「いいえ」)」)である。以上で、システム仕様で決まるパラメータ(p, q, r, p_{YN}, q_{YN}, T_{Q/A}, T_{AQ/A}, T_{YN})を用いて条件入力時間を表現することができた。各対話方式でのタスク達成時間は次のようになる。

[Slot Filling 方式]

$$T = 3 \cdot T(0, 0) + T_{Hello} + T_{Srch} + T_{Ans} \quad (5)$$

[定型文方式, 単語列挙方式]

$$T = T(0, 0) + T_{Hello} + T_{Srch} + T_{Ans} \quad (6)$$

ただし、T_{Hello}, T_{Srch}, T_{Ans} はそれぞれ開始時のシステム発話、交通情報の検索、検索結果のシステム発話にかかる時間である。

推定式の検証を行うため、条件入力発話の認識率 p が変化したときのタスク達成時間の予測を行い、結果を図 5 に曲線でプロットした。また、実験で得られた

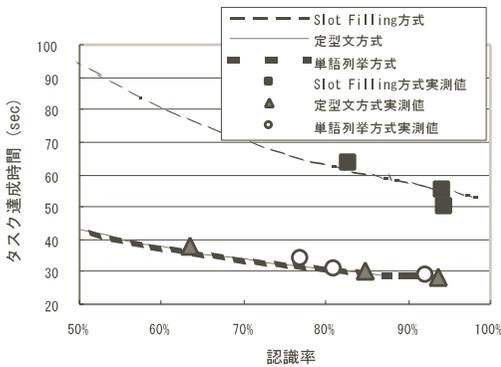


図5 音声操作タスク達成時間の予測
Fig. 5 Prediction of total task time of dialog.

被験者ごとの認識率とタスク達成時間の実測値を同図に点でプロットした。その結果、おおむね±2秒以内の範囲でタスク達成時間を推定できており、実測値とのよい対応が得られた。

3.3.2 反応遅れ割合の予測

従来研究で、音声操作中の反応遅れ割合に関して、システムの音声を聴取する期間に比して、ユーザが発話する期間の方が遅れ割合が大きいが示唆されている²⁾。そこで、対話中のユーザの各状態(たとえば、システムからの質問を聞いている状態、検索条件を発話している状態、確認応答を吟味している状態など)ごとに反応遅れ割合を解析することで、反応遅れ割合に関しても指標の予測を行うことが可能と考えられる。ただし、今回の実験の範囲ではデータが十分ではなく、予測を行うことができなかった。

4. 視認手操作

次に停車中および運転中に視認手操作の実験を行い、操作のモデル化を行った^{11),12)}。

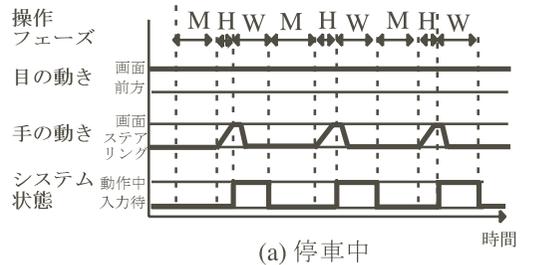
4.1 停車中の視認手操作

4.1.1 実験 2

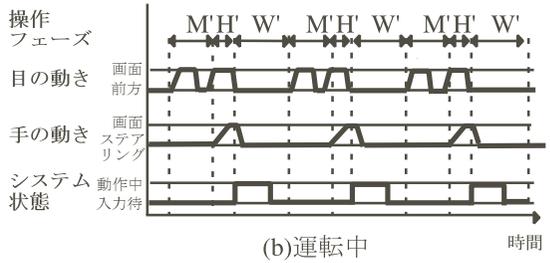
以下の条件で実験を行い、被験者の手・目・画面の動きをカメラで撮影してビデオテープで収録した。

実験装置 PCとタッチパネルを用いて、ナビゲーションシステムの操作画面を模擬した。画面に地名が2~16個表示されており、そのうちの1つに指で触れると次の画面が表示される。

タスク 被験者は、実験者に口頭で指示された地名を画面の中から探索し、該当する地名に指で触れる。このような、複数の選択肢から1つを選択する選択課題は、ナビゲーションシステムなどの情報機器の視認手操作で最も一般的で多用される操作である。



(a) 停車中



(b) 運転中

図6 視認手操作の例

Fig. 6 Example of operation behavior.

走行条件 停車中

被験者 男性6人(30代3人, 50代3人), 実験の前に練習を十分行い課題に熟練させた。

試行数 選択数2, 4, 9, 12, 16に関して各16回, 計80回実施した。

4.1.2 操作パターン

手・目・画面の動きの典型的パターンを図6(a)に示す。これより、停車中の操作は、以下に述べる3つのフェーズの繰返しである、と考えた。まず最初に、画面を見て目的の選択肢を探索し(フェーズM)、次に指を選択肢に向かって動かして触れ(フェーズH)、最後にシステムが動作完了して次の操作を行うまで待つ(フェーズW)。

4.1.3 項目数と選択時間

ここで、フェーズMとフェーズHの所要時間の和(M+H, 選択時間 t_s と呼ぶ)は、システムの処理が終了してから、次の操作が行われるまでの時間として求めることができる。そこで、選択項目数 m と選択時間 t_s との関係を求めた(図7)。その結果、選択時間 t_s は選択項目数 m にほぼ比例して増加することが分かった。

$$t_s = A \cdot m + B \tag{7}$$

ただし、 A, B は実験的に求まる定数で、今回の実験では年齢により値が異なった。選択時間は選択項目数の対数に比例する、という報告もあるが¹³⁾、地名選択の場合は数字選択と異なり順序付けされていない項目の探索になるため探索戦略も線形的になり、探索時間が選択項目数に線形に比例する、と解釈できる。

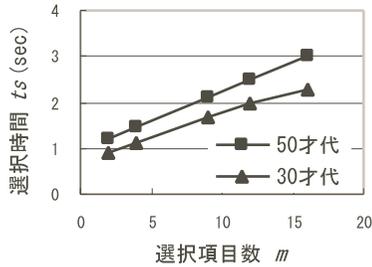


図7 停車中の選択時間

Fig. 7 Selection time while stopping.

またフェーズ W での待ち時間はシステム応答時間 t_r と一致した。

4.2 運転中の視認手操作

4.2.1 実験 3

次に、走行中と運転中とを比較する実験を行った。使用機器 タッチパネルで操作する形式の市販ナビゲーションシステムを用いた。

タスク 実験 2 と同様の地名選択課題を用いた。

走行条件 運転中と停車中、運転はテストコースの直線部分を一定速度 (50 km/h) でレーンの中心を走行するように教示した。

被験者 7人 (30代 4人, 50代 3人), 課題に十分熟練させた。

試行数 選択数 4, 6, 8 に関して各 4 回, 計 12 回。

4.2.2 操作パターン

運転中の手・目・画面の動きの典型的パターンを図 6 (b) に示す。これより、停車中と同様、運転中の操作も以下に述べる 3 つのフェーズの繰返しである、と考えた。

まず最初に、視線を前方から画面に移して画面を視認し、目的の選択肢を探索する (フェーズ M')。次に、指を選択肢に向かって動かして触れる (フェーズ H')。最後にシステムが動作完了して次の操作を行うまで待ち、前方を確認する (フェーズ W')。停止中と最も異なるのは視認行動である。停止中は画面を注視し続けることができるが、運転中は前方確認と画面注視の両方を同時に行う必要がある。フェーズ別に見ると、M' の期間は選択肢探索のため、H' の期間は指の位置決めのため、画面が注視されている。さらに、M' の期間において前方確認のため画面注視は複数回に分割される場合がある。一方 W' の期間は画面注視されていない。

そこで、以下に視認行動に関して解析を行った。

4.2.3 視線移動時間

最初に視線移動時間について解析した。ここで「視認時間 e_g 」とは、視線が前方を離れてから視線が前

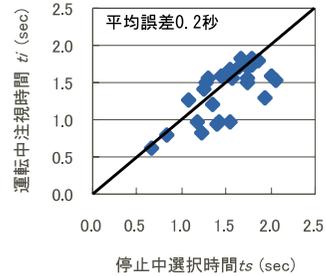


図8 停車中選択時間と運転中注視時間

Fig. 8 Selection time and fixation time.

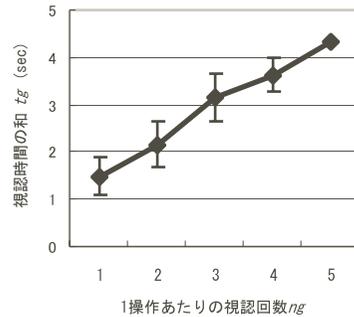


図9 運転中の視認時間

Fig. 9 Glance time while driving.

方に戻るまでの時間を「注視時間 e_i 」とは視線が画面をとらえてから画面を離れるまでの時間を表す。両者の関係を視認行動から算出したところ、

$$e_g = e_i + T_t \quad (8)$$

であった。ただし T_t は定数で約 0.23 秒であり、年齢による影響は見られなかった。

4.2.4 注視時間

次に、停止中の M+H と運転中の M'+H' との関係性を調べた。運転中と停止中とで異なるのは視認行動である。M' の選択肢探索を考えると、探索が可能なのは M' のうちの注視を行っている期間のみである。そこで、運転中 M' における注視時間の和は停止中 M の所要時間に等しい、という仮説を立てた。H' についても同様である。これを調べるため、実験 3 と同じ課題に対して、停止中の M+H (選択時間 t_s) と運転中の M'+H' の注視時間の和 t_i との関係性を調べた。その結果

$$t_i = t_s \quad (9)$$

と近似できることが明らかになった (図 8)。

4.2.5 視認の分割

M' における視認の分割に関して解析した。その結果、視認を分割した場合の 1 回目の視認時間と 2 回目以降の視認時間とは異なり、

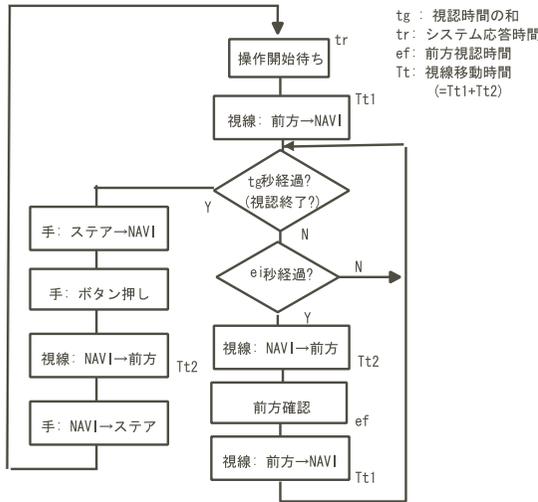


図 10 運転中の視認手操作モデル
Fig. 10 Visual operation model while driving.

$$t_g = C \cdot n_g + D \tag{10}$$

では近似できることが分かった(図9)。ここで、 t_g は視認時間の和、 n_g は視認回数であり、 C, D は定数である。なお、なお視認時間の和 t_g はその定義より、

$$t_g = n_g T_t + t_i \tag{11}$$

と表すことができる。よって式(7)~式(11)より、選択項目数と1操作あたりの視認回数との関係を次のように求めることができる。

$$n_g = \frac{A \cdot m + B - D}{C - T_t} \tag{12}$$

また、分割された画面視認間の前方視認時間 e_f はほぼ 0.7 秒であり、年齢による影響は見られなかった。以上により、操作を図 10 のようにモデル化することができた。

4.2.6 タスク達成時間の予測

上記のモデルに基づき、タスク達成時間 T を以下のように予測することができた。

$$\begin{aligned} T &= n_o(t_g + (n_g - 1)e_f) + n_o t_r \tag{13} \\ &= n_o \left(\frac{C \cdot A \cdot m + C \cdot B - D \cdot T_t}{C - T_t} \right) \\ &\quad + \left(\frac{A \cdot m + B - D}{C - T_t} - 1 \right) e_f + n_o t_r \end{aligned}$$

また同様に、総視認時間 T_G は以下のように予測することができた。

$$\begin{aligned} T_G &= n_o \cdot t_g \tag{14} \\ &= n_o \cdot \frac{C \cdot A \cdot m + C \cdot B - D \cdot T_t}{C - T_t} \end{aligned}$$

ただし、 n_o は操作回数、 m は選択項目数、 t_r はシステム応答時間、 A, B, C, D, T_t は定数である。

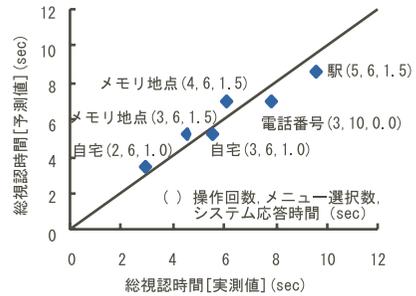


図 11 総視認時間の予測
Fig. 11 Prediction of total glance time.

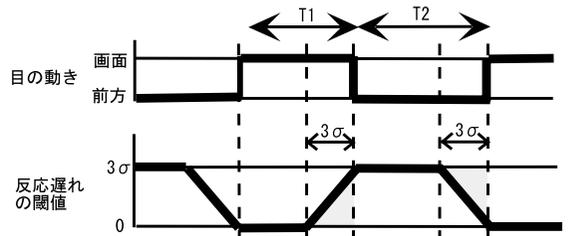


図 12 視認操作中の反応遅れモデル
Fig. 12 Delayed reaction time during glance.

予測手法の有効性を確認するため、実験3と同様の操作実験を行って総視認時間を実測した。対象とした操作は、各種目的地設定操作および電話番号入力操作である。結果を図 11 に示す。予測値と実測値とが良い対応をしていることが確認できた(相関係数 0.96、平均誤差約 0.7 秒)。なお、 A, B は被験者の年齢に応じた平均値を用いた。

4.2.7 反応遅れ割合の予測

視認操作時の反応遅れ割合の予測を試みた。前述したように、停車時反応時間標準偏差の3倍以上の遅れを反応遅れと考えた。一方、画面視認中は前方の状況変化にまったく反応できない。そこで視認による反応遅れ割合の影響を、反応遅れの閾値が変化するととらえてモデル化した(図 12)。たとえば、 T_1 画面を視認し、 T_2 前方を視認する場合を考える。画面視認期間の最初はすべての試行が反応遅れとなるため、閾値 0 である。しかし、画面視認終了 α 時刻前の試行に対しては、視認終了後 $3\sigma - \alpha$ 以内に反応すれば反応遅れにならない。これは、閾値が $3\sigma - \alpha$ であることに相当する。同様に、前方視認期間の最初は閾値 3σ であるが、前方視認終了 α 時刻前の試行に対しては α 以内に反応しなければならず、閾値は α となる。

反応遅れ割合で考えると、図 12 の網掛け部分の面積が同じなので、結局「画面視認時は閾値 0、前方視認時は閾値 3σ 」であることと等価になる。そこで、

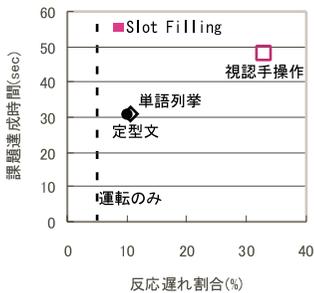


図 13 音声操作と視認手操作との比較

Fig. 13 Comparison of auditory interface and visual interface.

前方視認時，画面視認時それぞれの反応遅れ割合を， R_f ，1.0 とすると，この場合の平均反応遅れ割合は，

$$\frac{T_1 + R_f T_2}{T_1 + T_2} \quad (15)$$

となる．これより，視認手操作時の反応遅れ割合は，

$$R = \frac{T_G + R_f(T - T_G)}{T} \quad (16)$$

と予測できる．

5. 操作性評価の適用例

本研究の方法を用いて，音声操作と視認手操作との比較を試みた．タスクは実験 1 で用いた情報検索課題とした．音声操作の評価値は，実験 1 で計測された値をそのまま用いる．視認手操作評価値は，音声操作と同等の操作を視認手操作で行ったと仮定し，式 (13)，(14)，(16) により予測した．ただし，選択項目数 $m = 24$ ，操作回数 $n_o = 3$ ，システム応答時間 $t_r = 1$ 秒とし， A ， B は実験 1 の被験者年齢に応じた平均値を用いた．結果を図 13 に示す．横軸は安全性指標である反応遅れの割合，縦軸は利便性指標であるタスク達成時間である．この結果より，音声操作が視認手操作より安全性が高いこと，対話方式として単語列挙方式や定型文方式を用いることで視認手操作より利便性の高い音声操作が実現できることが定量的に示された．

6. おわりに

本論文では，運転中の情報機器操作の評価法について述べた．最初に音声操作に関して操作実験を行い，評価指標の計測を行った．さらに，操作をモデル化することにより，利便性に関して操作仕様から評価指標が予測可能であることを示した．次に視認手操作に関して同様に操作実験，計測，モデル化，予測を行った．以上により，音声操作と視認手操作を統一的に評価で

き，かつ，操作仕様との関係が明確な評価指標を作成することができた．

ただし，音声操作の安全性に関しては操作仕様と評価指標の関係が明確でなく，今後の課題と考えられる．

謝辞 視認手操作評価に関して実験および討議いただいたトヨタ自動車第 1 車両実験部木村賢治氏に，つつしんで感謝の意を表する．

参考文献

- 1) Wakita, T., et al.: Visual behavior model for navigation system operation while driving, *Proc. 6th World Congress on ITS* (1999).
- 2) 小島真一，本郷武朗，星野博之，内山祐司：音声対話の運転への影響評価法の開発，情報処理学会研究会報告，Vol.99, No.ITS-3, pp.71-75 (1999).
- 3) 鱗原晴彦，古田一義，田中健一，黒須正明：設計者と初心者ユーザの操作時間比較によるユーザビリティ評価手法，ヒューマンインタフェースシンポジウム'99 論文集，pp.537-542 (1999).
- 4) Zwahlen, H.T., et al.: Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles, *Vision in Vehicles II*, Gale A.G., et al. (Eds.), pp.335-344, North Holland Press, Amsterdam (1988).
- 5) Ito, T., et al.: Japan's safety guideline on in-vehicle display systems, *Proc. 4th World Congress on ITS* (1997)
- 6) Kimura, K. and Kanamori, Y.: In vehicle navigation system operability while driving, *Proc. 6th World Congress on ITS* (1999).
- 7) 三宅晋司，神代雅晴：メンタルワークロードの主観的評価法，人間工学，Vol.29, No.6, pp.399-408 (1993).
- 8) 自動車安全センター：携帯電話の使用が運転行動に及ぼす影響に関する調査研究，平成 9 年度調査研究報告書 (1997).
- 9) 伊藤敏行ほか：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 2 報，シンポジウムカーナビ・携帯電話の利用性と人間工学，pp.75-80 (2000).
- 10) 新美康永，西本卓也，荒木雅弘：確認対話の制御方式の効率と音声認識システムの性能との関係，情報処理学会研究会報告，99-SLP-27, pp.111-118 (1999).
- 11) Card, et al.: *The Psychology of Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates (1983).
- 12) 黒須正明，斎藤 徹，上田陽一，森田祥一郎：複合作業に関する操作性評価モデル—DTM，情報処理学会研究会報告，Vol.93, No.HI-50, pp.33-40 (1993).
- 13) Paap, K.R. and Cooke, N.J.: Design of Menu, *Handbook of Human-Computer Interaction*, Helander, M.G., Landauer, T.K.

and Prabhu, P.V. (Eds.), pp.533-572, North-Holland (1997).

付 録

A.1 音声対話例

実験で行われた音声対話の例を示す。

Slot Filling 方式：

sys: 渋滞情報を検索します。時刻を教えてください。
 drv: 9時
 sys: 9時ですね？
 drv: はい
 sys: 起点を教えてください。
 drv: 中研
 sys: 中研ですね？
 drv: はい
 sys: 終点を教えてください。
 drv: 藤ヶ丘
 sys: 藤ヶ丘ですね？
 drv: はい
 sys: 3時ごろの中研から藤ヶ丘までの渋滞情報を検索します。渋滞しています。

定型文方式：

sys: 渋滞情報を検索します。検索条件を教えてください。
 drv: 10時ごろの本郷から大須まで
 sys: 10時ごろの本郷から大須までですね？
 drv: はい
 sys: 10時ごろの本郷から大須までの渋滞情報を検索します。渋滞しています。

単語列挙方式：

sys: 渋滞情報を検索します。検索条件を教えてください。
 drv: 3時 長久手 豊田
 sys: 3時ごろの長久手から豊田までですね？
 drv: はい
 sys: 3時ごろの長久手から豊田までの渋滞情報を検索します。渋滞しています。

(平成 12 年 12 月 18 日受付)

(平成 13 年 5 月 10 日採録)



脇田 敏裕

1985年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。自動車の音色評価・音色合成, 音声認識, ヒューマンインタフェースの研究開発に従事。



寺嶋 立太(正会員)

1992年愛知教育大学教育学部卒業。同年(株)豊田中央研究所入社。自動車用組み込みソフトウェア, 音声認識の研究開発に従事。日本音響学会会員。



小島 真一

1990年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。運転支援システムと, そのヒューマンインタフェースの研究開発に従事。



清水 司

1996年京都大学大学院人間・環境学研究科修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。音声合成, 音声認識, 音声対話の研究開発に従事。日本音響学会会員。



本郷 武朗

1981年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年(株)豊田中央研究所入社。無人搬送車, ヒューマンインタフェースの研究開発に従事。計測自動制御学会, ヒューマンインタフェース学会, 自動車技術会各会員。