

道路案内標識評価システムの開発

Development of an Evaluation System for Route Guide Signs

高 松 誠 治* 桑 原 雅 夫**
 赤 羽 弘 和*** 吉 井 稔 雄****
 飯 島 護 久***** 石 渡 章 浩*****

本研究では、メンタルワークロード（精神作業負荷）の概念を取り入れた新たな指標による、総合的な道路案内標識評価システムの開発を行った。まず、室内で標識の評価、検討を可能にするために、既に筆者らが開発している室内模擬走行装置—RW 94—を改良・発展させ、—RW 96—を開発した。実際の運転状況を的確に再現するため、走行画面の画質の向上、操作インターフェイスの変更などを行った。また、最も大きな改良点としては、運転負荷装置が挙げられる。これは、道路の線形に応じて、被験者に実際の走行と同様にステアリング操作をさせるものである。

これまでの研究でも用いられていた被験者自身の内観報告による不安度の指標に加え、人間工学の分野で盛んに研究されているメンタルワークロードに注目し、客観的な評価指標として、心電図を用いた心拍数変動、二重課題法に基づく副次課題成績を取り入れ、それぞれについて評価指標としての有用性を検証した。

その結果、2つの新指標が主観評価指標値と高い相関を示すなど、指標として有効であることを確認できた。さらに、実走行と模擬走行の両実験により得られた指標値を比較した結果、区間ごとの変動に高い相関を確認でき、本研究で用いた模擬走行装置が、現実の走行時の環境を再現していることも検証できた。

1. 背景と研究の目的

案内標識は、道路の持つユーザインターフェイスであり、ドライバーを安全かつ快適に目的地に導くことがその目的である。効果的な経路案内は、交通を円滑化するだけでなく、ドライバーの精神的負荷を減少させることにより、快適性を増し、さらに交通安全への寄与も期待できる。

個々の案内標識を特徴づける要素としては、設置位置、設置間隔、標示地名、図形デザイン、文字色、文字の大きさ等がある。これまでの案内標識に関する研究の多くは、これらの各要素についての検討を行っており、例えば、栗本ら¹⁾による地名選定に関する研究、満田ら²⁾による視認性に関する研究、越ら³⁾による標識デザインに関する研究などがある。しかし、実際の道路では、様々

* 東京大学大学院

** 東京大学生産技術研究所第5部助教授 (TEL: 3402-6231, E-mail: kuwahara@nishi.iis.u-tokyo.ac.jp)

*** 千葉工業大学工学部土木工学科教授 (TEL: 0474-78-0444, E-mail: akahane@ce.it-chiba.ac.jp)

**** 東京大学生産技術研究所第5部助手

***** 千葉工業大学研究生

***** 千葉工業大学大学院

な要素が影響するため、標識相互の関係や周辺の道路環境との関係も考慮しつつ、システムとしての機能性を向上させる必要がある。

また、案内標識の情報に対するドライバーの感じ方や反応には個人差があるため、被験者による主観的な評価には限界がある。つまり、案内標識の評価には客観性も要求され、それは人間工学的に扱われるべき問題である。

そこで本研究では、案内標識の設計を支援する評価システムとして、

- 1) 客観的で定量的な評価指標を見つける
- 2) 案内標識の連続性や道路構造等の要素を含めた評価を可能にする、CGを用いた室内模擬走行装置を開発する

の2点を目的とする。

2)については、筆者らが既に開発している室内模擬走行装置-RW 94-をもとに、その問題を解消し、さらに現実再現性を向上させることを目指す。

2. 案内標識評価指標^{4)~7)}

案内標識のユーザインターフェイスの良否を、ドライバーの反応を通じて評価するにあたり、主に人間工学の分野で扱われているメンタルワークロードという概念を導入する。

■メンタルワークロード

メンタルワークロードは、「精神的作業を行うときに費やされるエネルギー、または、そのときに当てられる精神容量」と定義することができる。つまり、人間の脳は、外部からの情報を処理するための一定の容量を持っていて、その範囲内で物事を処理、判断しているという考え方である。その容量を超えるような負荷がかかった場合、作業にミスが生じたり、疲れや不快感の原因となる。もちろん、これは概念的な話であり、実際に人間の脳がこのような仕組みになっているかどうか定かではないが、この仮定に基づき、ある指標を設定することによって精神作業の負荷の大きさを測定することが可能である。

メンタルワークロードの測定法については、盛

んに研究されているが、それらは主観評価指標、生理指標、およびパフォーマンス指標に大別される。

主観評価指標は、最も直接的な評価指標で、被験者が自らの精神状態を評価し報告するものである。

生理指標は、精神作業を行うときの被験者に現れる心身反応と、作業負荷の大きさととの因果関係を見いだし、ある尺度で意味づけすることによって指標とするものである。この中には、さらに、被験者の身体の運動を対象とするものと、生理現象を対象にするものの2種類がある。アイマークカメラによって測定される眼球運動などが、前者に属する。後者の生理的な指標は、心電図や筋電図、脳波などを直接計測し、その時系列的な変化の傾向を見るものである。

パフォーマンス指標は、生理指標が被験者の心身反応に着目したのに対し、被験者の作業成果に反映された精神作業負荷を測定するものである。

本研究では、以上の3種類の評価指標をそれぞれ設定し、それらの有用性について調べる。

(1) 主観評価

主観評価は、被験者自身による直接的かつ総合的な評価であるため、評価対象と回答結果の因果関係は確かであるが、反面、評価には個人差があり、結果の客観的な解釈が難しく、定量化するのも困難である。

この方法は、メンタルワークロードの測定法としては簡便で扱いやすいため、古くから用いられている。例えば、米空軍の研究施設で開発されたSWATと呼ばれる評価システム⁵⁾では、航空機操縦時のメンタルワークロードを多次元のものと考え、①時間的負荷、②心的努力の負荷、③心理的ストレスの負荷の3つに分け、それぞれについて被験者に評価させている。このようにして得られた3種の回答値にそれぞれ重みを付け、1次元の評価値を算定することにより、作業負荷の大きさを知ることができる。

本研究では、運転中に次々に現れる案内標識について評価しなければならず、時間の制約があるため、単一の質問のみを行った。実験走行中、標識通過時の経路選択に対する不安の大きさ(以後、不安度)を3段階(不安度大、不安度小、不

安なし)で答えさせ、これをそのまま3, 2, 1, の数値に変換して、「主観評価指標値」とすることにした。これは、牧野^{8),9)}が1995年に行った実験と同じ方法である。

先に述べたように、この方法は、実施は容易であるが、客観性に乏しい指標である。よって、以下の2種類の客観的な評価指標を導入する。ただし、客観評価指標にも、後に述べる種々の問題点があるため、それらの妥当性を検証する必要がある。そこで、その検証のための一基準として主観評価指標を用いる。

(2) 客観評価

a) 生理評価

生理評価は、定量的で解析に供しやすい反面、対象(本研究では標識)以外の要因の影響を受けやすく、また、正確な計測・分析には専門的知識を要する、さらにワークロードと生理指標との因果関係が必ずしも明確でないなどの短所がある。

生理反応に着目した指標には、心電図、筋電図、脳波、発汗、皮膚電位等がある。それらの中で近年、心拍数変動指標¹⁰⁾や脳波の事象関連電位¹¹⁾が有効な指標として注目を集めている。

■本研究で考案した生理指標

本研究では、心拍数変動を指標とするため、全被験者の実験中の心電図を測定した。図-1のように、心電波形の中のR波が現れてから、次のR波が現れるまでのR-R間隔を、第1次のデータとして計測した。以下で述べる指標化の過程において、第2次過程以降は、本研究における考案である。

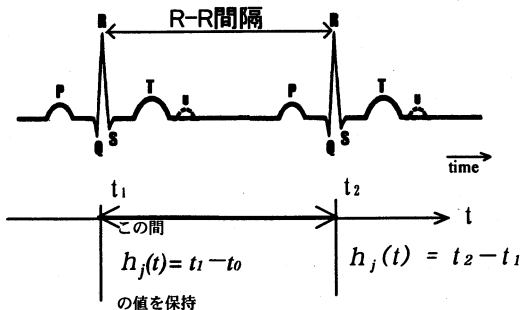


図-1 心電波形とR-R間隔値

—第1次— R-R間隔の計測

このR-R間隔が小さいほど、心拍数が多い、つまり、「ドキドキしている」状態であると言えるが、重要なのはその変動の様子であり、このままでは意味を持たない。まず、時間軸を20 m-sec単位で離散化し、以降時刻 t は20 m-sec単位で考えることとする。

$$\Delta t: \text{離散時間間隔} = 20 \text{ m-sec}$$

$$h_j(t): \text{被験者(個人) } j, \text{ 時刻 } t \text{ の R-R 間隔}$$

—第2次— 移動平均化処理

得られたR-R間隔は、小刻みに変動しており、標識とは無関係の短期的な変動成分が多く含まれる。よって、長周期の成分だけを取り出すために、R-R間隔値の波形に移動平均化処理を施した。

$$g_j(t) = \frac{1}{2m+1} \sum_{t'=t-m}^{t+m} h_j(t')$$

$2m+1$: 移動平均の次数(今回は経験的に、 $m=250$ とした、すなわち前後各5秒間の移動平均)

—第3次— 不安部分の抽出

ここで問題となるのは、被験者が不安を感じている部分であるから、これを抽出する必要がある。各被験者ごとに実験全体のR-R間隔の平均値を計算し、この値より小さくなっているR-R間隔値を抽出した。

$$\begin{cases} \cdot a_j - g_j(t) > 0 \text{ のとき} \\ \quad f_j(t) = a_j - g_j(t) \\ \cdot a_j - g_j(t) \leq 0 \text{ のとき} \\ \quad f_j(t) = 0 \end{cases}$$

a_j : 被験者 j の実験中の平均R-R間隔

—第4次— 区間ごとに集計

実験区間を、後述の方法で(運転者から標識が見える区間と見えない区間というように)、21の区間に分けた。この区間 k ごとに、 $f_j(t)$ を積算し、区間走行時間で除した値を、その区間の「心拍数変動指標値[秒]」とする。

$$v_{jp} = \frac{1}{t(p+1) - t(p)} \sum_{s=t(p)}^{t(p+1)} f_j(s)$$

$t(p)$: 区間 p の始点の時刻

b) パフォーマンス評価

次に、客観評価指標のうち、被験者の言動に着目した指標について述べる。これらはパフォーマンス指標と呼ばれ、被験者の言動を記述して分析するプロトコル解析法¹²⁾や、副次課題を用いる二重課題法¹³⁾などがある。

今回は二重課題法を採用することにした。これは、主課題（この場合、「標識を見て経路を判断する」こと）と同時に、それと同じ脳の作業領域（注意リソース）を使って行われる簡単な頭脳作業（副次課題）を課し、その遂行度（副次課題成績）によって、主課題に使われる注意リソース量を推量しようというものである。つまり、副次課題成績が低いほど、主課題の負担が大きいということになり、経路選択に迷いが生じていると言える。

■本研究で考案した副次課題

本研究では、次のような副課題を考案した。

カセットテープにあらかじめ一桁のランダムな数字を録音しておき再生する。被験者は、スピーカーから3秒に1回発せられるその数字を聴き、それが、奇数の場合に「はい」と返事をする、というものである。偶数の場合は返事をしなくてよい。

この時の数字（質問）が発せられてから、「はい」と返事をする（回答）までの遅れ時間（反応時間）を副次課題成績とする。つまり、反応時間が長いほど、副次課題成績が低いということになる。

指標化にあたって、反応遅れ時間をそのまま指標とする方法では、データのばらつきを考慮しておらず、無意味な変動も分析結果に含まれてしまっている。なぜなら、本来の目的である、「主課題の負荷の増加による、副次課題に当てられるリソースの減少量を計る」という目的からすれば、比較的反応時間が速いものについては、それらを比較しても意味を持たないことになる。問題となるのは、ある一定時間以上の時間がかかったもの

である。

反応が大きく遅れるときの思考の状況を想像すると、注意リソースに十分余裕があるときは、質問に対してある程度即座に答えることができる。しかし、他の何かに注意が集中しているときは、質問の音が耳に入っては来るものの、思考するには至っていない状態が数分の1秒あり、その後、質問の音が聞こえたことにはたと気づき、質問を思い出し答える、という一連のプロセスがあるように考えられる。

よって、反応が遅れたとみなすには、ある一定時間以上遅れたものだけに着目すべきだと考える。

ここでは、このような考えに基づき、反応遅れポイント制を導入する。これはあらかじめ設定した基準値を超えた場合にポイントを1つカウントし、どれくらいの割合でポイントが現れるかで、主課題の負荷の大きさを推定する。

このような基準値を決定するには、通常、累積分布図を描き、80%、あるいは85%の度数を記録した点で、基準とするのが普通である。

しかし、今回の場合、副次課題のイベント数があまり多くないことや、3000 msec までに限られた範囲での分布で、それ以上はすべて3000と見なしていることなど、特殊な条件下であり、通常の方法はなじまないと思われる。

したがって、ここでは副次課題指標を主観評価値と最も適合させようとする試行錯誤の結果と、感覚的な判断から1秒（1000 msec）を基準値として以後の分析を行った。

以下に、指標化の過程をまとめて記す。

—第1次— 反応時間

反応時間を1/10秒程度の精度で計測した。計測値には、かなりばらつきがあり、無意味な変動が含まれる。

—第2次— 反応遅れポイント

「主課題に気を取られている部分」だけを抽出する意味で、反応時間が1秒以上のもの、および間違えて反応したものを「反応遅れポイント」とし、それ以外については無視する。

—第3次— 反応遅れポイント率

生理指標と同様、21の区間に分け、その区間ごとに反応遅れポイントの出現率[%]を集計し、これを「副次課題指標」とした。

3. 室内模擬走行システム

本研究では、筆者らが1994年に開発したシステム[RW 94]^{5,6)}を基に開発した。本システムでは、案内標識の認知とそれに基づく経路判断を含




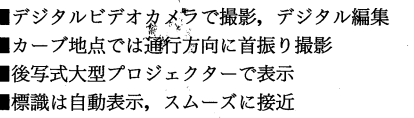
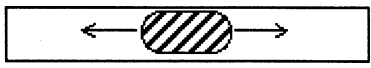

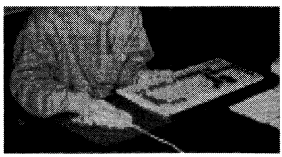
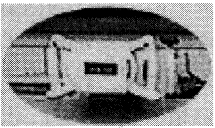
め、通常の運転操作に伴う精神的作業全体を主課題として扱っている。よって、室内実験においても運転負荷を代替する作業を実施しているおり、道路構造や疲労等の影響も評価結果に含まれると言えよう。

(1) 従来のシステムとその問題点

走行模擬装置 RW 94 は、以下の4点を目標として構成された(表-1参照)。

- 1) 安価な簡易システムとする。

表-1 模擬走行システムの改良点と特徴

	RW 94	RW 96 (今回のシステム)
走行映像	 <ul style="list-style-type: none"> ■ハイ8 CCD カメラで撮影、アナログ編集 ■撮影両角固定 	 <ul style="list-style-type: none"> ■デジタルビデオカメラで撮影、デジタル編集 ■カーブ地点では通行方向に首振り撮影 ■後写式大型プロジェクターで表示 ■標識は自動表示、スムーズに接近
案内標識の表示	 <p>被験者のリクエストに応じて表示</p> <ul style="list-style-type: none"> ■黒バックに標識のみ表示。段階的に拡大 	 <ul style="list-style-type: none"> ■デジタルビデオカメラで撮影、デジタル編集 ■カーブ地点では通行方向に首振り撮影 ■後写式大型プロジェクターで表示 ■標識は自動表示、スムーズに接近
運転作業負荷装置	<p>※画面下に表示</p>  <ul style="list-style-type: none"> ◎ランダムに左右に動く輝点を、マウスで中央に寄せる作業 ■運動作業とは無関係 	 <ul style="list-style-type: none"> ◎走行中の車線の中央に、バーがおさまるようにステアリング操作する ■道路線形に対応してバーが動き、実際の運転に近い操作
インターフェイス	 <ul style="list-style-type: none"> ■標識リクエスト、車線変更→キーボード ■運転作業負荷操作→マウス 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ゲーム用ステアリング装置 ■ボタンを押しながらのステアリング操作で車線変更
システム構成	<ul style="list-style-type: none"> ■主な機材とその機能 ・光ディスクプレーヤー A: 走行車線の映像 ・光ディスクプレーヤー B: 追越車線の映像 ・光ディスクプレーヤー C: 案内標識の表示 ・パソコン A: 光ディスクプレーヤーの制御 ・パソコン B: 運動作業負荷プログラム実行 	<ul style="list-style-type: none"> ■主な機材とその機能 ・光ディスクプレーヤー A: 走行車線の映像 ・光ディスクプレーヤー B: 追越車線の映像 ・パソコン: 光ディスクプレーヤーの制御、運転作業負荷プログラム実行

- 2) 現実感のあるシステムとする。
- 3) 視野内における相対的大きさが実際と等価となるように、標識を表示の寸法を調整する。
- 4) 運転負荷動作という概念を取り入れる。

これらの要素を取り入れたシステムとして、光ディスクプレーヤー3台と、パソコン2台、デジタルスキャンコンバータ2台を用いて実現させている。

このシステムの大きな特徴としては、以下の点が上げられる。まず、実写(ビデオ)の走行画面を用いたことにより、現実感が増し、低予算化にも寄与した。実写映像は、走行車線と追い越し車線のものを同期させ、キー操作により車線変更できる仕掛けとなっている。また、走行中にキー操作によってリクエストすることによりCGで描かれた案内標識が表示される。これらの機能をパソコン1台で制御する。

もう1台のパソコンでは、運転作業負荷の制御を行う。画面下部に、ランダムに左右運動をする青いバー(以後、輝点)が表示される。被験者はこれが中心部のターゲットの中に収まるようにマウスで操作するというものである。この運転作業負荷は、運転時に行うステアリング操作などの作業を代替し、室内走行でも同程度の負担を課すようにしたものである。この運転作業負荷が、実際の運転作業と同程度の作業であるかどうかを直接測定あるいは評価することができないので、作業負荷の難易度レベルを変え、実走行実験の結果に基づいて最適なものを探した。

・走行画面について

被験者のリクエストにより案内標識の映像を表示することになっているが、その映像は黒い背景に案内標識のみが表示され、現実の走行時の状況と、かなり違っている。また、CGによる標識は段階的に拡大され、連続的に近付いてくる感覚とは相違している。

実写の映像は、8ミリビデオカメラを車内に固定して撮影されており、画質もさほど良くなく、またカーブ区間などでは進行方向の視認性に欠ける。

・運転作業負荷について

システムに付加された運転作業負荷装置は、運

転作業とは無関係な動きをさせるものであり、運転時の状況の再現性には乏しい。また、一般に、運転作業はカーブの多い区間の方が負担が大きいと思われるが、この運転作業負荷装置では道路線形の要素が取り入れられていない。

(2) 模擬走行システムの改良

既存のシステムの問題点を改善し、さらに、実際の走行状況の再現性を向上させるべく、新たに模擬走行システム-RW96を開発した。使用した機材は、既存のものほとんど同一であるが、構成機器数を減らし、かつ走行の再現性を向上させることに成功した。

■主な改良点:

本システムは、先に述べた94年のシステム開発時の目標に加え、以下の3点について改善を図った。

- 1) 走行画面の再現性の向上
- 2) 運転負荷装置の改善
- 3) インタフェイスの疑似性の向上

各要素ごとの改良点については、表-1に記す。

■システム構成

室内での模擬走行では、2台の光ディスクプレーヤーでそれぞれ走行車線と追い越し車線の映像を映し、それらをビデオエフェクターAでワイプさせることによって車線変更を表現する。各車線の画像には、あらかじめCGで作成された案内標識が適切な位置とサイズで合成されているため、案内標識は連続的に表示される。パソコンでは、2台の光ディスクプレーヤーの再生位置が同期するようにコントロールし、また、ビデオエフェクターAもコントロールする。それと同時に、このパソコンでは運転負荷機能进行处理し、画面下部に表示する。被験者は、パソコンに接続されたステアリング装置で運転負荷作業を行う。さらに、ビデオエフェクターBを用いて、走行画面と運転負荷画面を合成し、その画面をプロジェクターによってスクリーンに投射する。

■操作方法

・運転作業負荷操作

走行中、カーブにさしかかると画面下部に表示されている輝点が、遠心力方向(左カーブなら右

方向)に動き出す。被験者はそれを阻止し輝点が走行中の車線に収まるようにステアリング操作を行う(左にハンドルを切る)。

カーブの曲率が大きいほど、輝点の動きも大きくなるようにプログラムされている。

・車線変更操作

ステアリング装置に付いている押しボタンを押しながら、ハンドルを切ると、その方向に車線変更できる。

4. 案内標識評価実験

この節では、本研究で行った実験について簡単に説明する。

(1) 実験の目的

本研究では、実際の道路で被験者に経路を選択しながら走行してもらい、データを測定する実走行実験と、室内で模擬走行装置を用いて同様のことを行う模擬走行実験を行った。これらによって得られたデータをもとに、以下の2点について明らかにすることが実験の目的である。

- 1) 今回採用した評価指標の有用性
- 2) 模擬走行装置の再現性

これらの分析結果を総合し、本研究の評価システム全体の有用性を検証する。

(2) 実験の概要

実走行実験は、図-2に示すルートを対象に、また、模擬走行実験も、同ルートを再現した模擬走行装置を用いて行った。

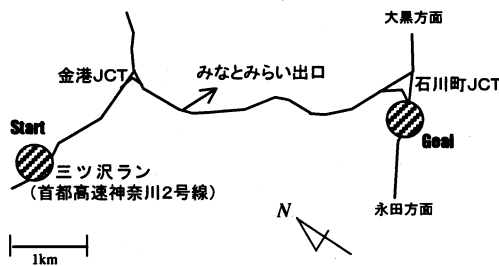


図-2 実験ルート

■被験者について

本実験では以下のような条件を満たす被験者を対象に行った。その結果得られた被験者数を表-2

に示す。

・条件

- 1) 20歳以上の男性
- 2) 学生
- 3) 対象地域周辺の地理に詳しくないもの

・被験者数

表-2 被験者数

	副次課題あり	副次課題なし	計
実走行	8	8	16
模擬走行	7	6	13
計	15	14	29

■得たデータの種類：

- (1) 被験者の属性データ(被験者が記入)
- (2) 主観評価・アンケート結果(スタッフが口頭で質問後記入)
- (3) 心電図アナログデータ(アンプにより増幅し、データレコーダで記録)
- (4) 音声データ(副次課題とその返答の音声)
- (5) 標識位置トリガー信号(標識の見え始め時と、通過時)

なお、(3)~(5)については、同期のとれたマルチデータとして、VHSテープに記録している。

5. 評価指標の有用性の検証

この節では、実走行実験によって得たデータを元に、案内標識評価指標の有用性の検証を行う。主観評価指標については、その長所、短所が明らかであり、これまでも使われてきた実績があることは、前述のとおりである。このため、本研究においては、2つの客観評価指標の適用性を、主観評価指標との相関関係に基づいて検証した。この検証に際しては、以下の点に着目した。

- 1) 案内標識と指標値の変動との因果関係を調べる。
- 2) 主観評価結果と照合し、指標値が、経路判断についての不安の大きさを表しているかを調べる。

まず、上記1)について、表-3に平均値と標準偏差を、図-3に客観評価指標値の通常区間と標識区間における被験者の平均値を示す。なお、心拍数変動指標の評価に際しては、副次課題を与えていない被験者のデータのみを使用している。標識区間は、予備実験時に同乗したスタッフが標識の見え始めと終わりにトリガーを入力することにより設定した。したがって、全被験者について同じ区間設定となっている。

これらを見ると、心拍数変動指標も副次課題成績指標も通常区間よりも標識区間で値が大きくなり、作業負荷が大きくなっていることが表現できている。ただし、通常区間と標識区間での平均値の差は、実走行の方が模擬走行の差よりも大きく、標準偏差も小さい結果となっている。これら

表-3 客観評価指標の変動
a) 心拍数変動指標 (秒)

	実走行		模擬走行	
	通常区間	標識区間	通常区間	標識区間
平均値	0.00946	0.01336	0.01371	0.01664
標準偏差	0.00486	0.00468	0.00992	0.00963
t 値	2.27	-2.35	0.73	-0.75

b) 副次課題成績指標 (%)

	実走行		模擬走行	
	通常区間	標識区間	通常区間	標識区間
平均値	25.3	36.3	41.4	49.4
標準偏差	8.7	13.4	21.4	13.8
t 値	3.60	-2.32	0.99	-1.54

心拍数変動指標 (秒) 副次課題成績指標 (%)

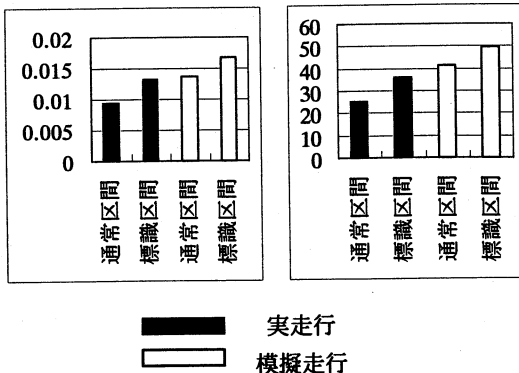


図-3 標識標示区間と非標識区間の指標値

平均値が区間によって有意な差があるのかどうかをt検定したところ、表-3の結果を得た(注)参照)。実走行においては、t値は十分に大きく有意な差が得られた。一方、模擬走行における心拍数変動指標のt値は約0.75と低く、十分な有意差は得られなかった。また、副次課題成績指標については、70~90%の有意水準で有意差があるという結果を得た。

さらに、被験者個人間の指標値のバラツキを見るために通常区間と標識区間における各被験者の指標値をプロットしたものが、図-4である。両指標値の個人差はかなり大きい、ほとんどの場合に指標値の値は標識区間の方が大きくなっていることがわかる。

次に、上記2)について、各案内標識ごとに指標値を比較したのが、図-5である。心拍数変動指標は、実験前半に高い値が計測されているが、これは、実験開始時の緊張感に起因するものだと考えられる。「みなと出口(みなとみらい出口の案内標識)」以降は、ほぼ主観評価指標値と同じような動きをどっている。

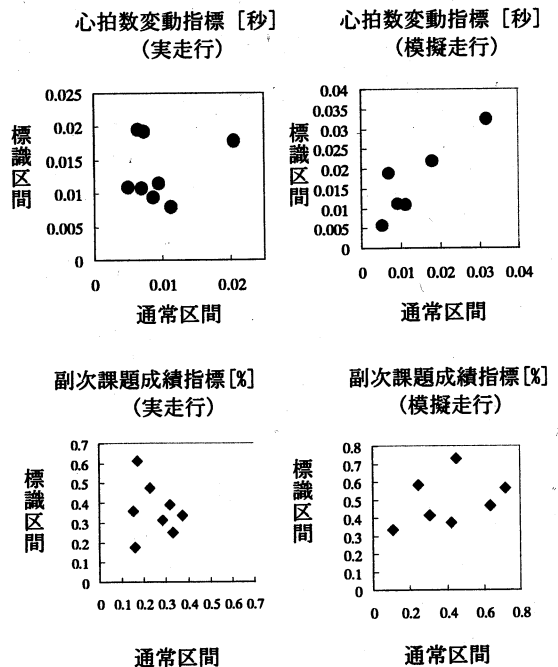


図-4 客観指標値の被験者間のバラツキ

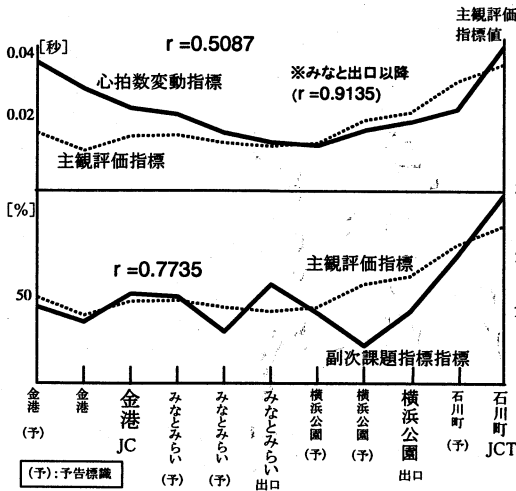


図-5 各指標値相互の関係

副次課題成績と不安度とは、相関係数 $r = 0.7735$ と、明確な相関関係を示している。心拍数変動と副次課題成績の2つの指標値の変動の様子には、違いがあつて然るべきである。心拍数に関する指標は、よほど突発的な出来事でない限り急激な変動はせず、本実験のような精神作業を行う際の変動は長周期的であるはずである。このような指標は、対象となるルート全体として捉え、ドライバーの不安が大きくなる区間について、ある程度の見当をつけるために適用することが考えられる。

一方の、副次課題指標については、その都度その都度で指標値が変動するような種類のものである。よって、個々の標識について、理解の容易さを計ることができる。つまり、副次課題の成績が大きく低下するような地点では、案内標識が被験者に混乱を与えているといえる。

現時点ではあくまでも著者らの主観的判断であるが、石川町 JCT において評価指標値が最大値を示している点について、状況説明を補足する。同 JCT においては、被験者が目的地点に向かうためには、本線から右側の付加車線に車線変更して横浜横須賀道路方面に進入する必要がある。また、この分岐点の直近上流には、同じく右側分岐で横浜公園出口が隣接している。これに対応した案内標識がトンネル内にかなり短い間隔で設置さ

れ、かつ「永田」等の地理不案内者には認知困難と考えられる地名が標識上で使用されていること等が、同 JCT に接近するにしたがって評価値が上昇していることに影響していると推定される。

このような性質の違う2つの指標を併用して用いることにより、より多くの情報を得ることができると考えられる。したがって、心拍数変動および副次課題成績の両指標は、案内標識の客観評価、ひいては絶対評価の可能性と効用を示していると考えられる。

今回の研究では行わなかったが、案内標識の設置位置までの距離、案内標識が見え始めてからの時間と指標値の関係についての分析を行えば、案内標識と各指標値の関係がより明らかになると考えられる。また今回は、経路の判断についての精神作業を行うのは、主に標識表示区間（標識が見えている時間）である、という仮定に基づいているが、難解なルートの場合は標識通過後も、思考をしている可能性もあり、さらに、標識が見える地点でも、ドライバーが標識を見ていない可能性もあり、このようなマイクロな点も考慮に入れた上で、実用的な評価指標に発展させていく必要がある。

6. 室内模擬走行装置の現実再現性の検証

次に、今回開発した模擬走行装置の現実再現性について検証する。実走行と模擬走行の両実験で得られた評価指標値を、全被験者分について平均した値を比較し、双方の評価の共通性を分析すれば、模擬走行装置の現実の道路環境、特に案内標識のドライバーに対する影響の再現精度を評価できる。案内標識標示区間の、指標値の増大傾向については、共通性が見られる（図-3）。ここではさらに、区間ごとの集計値の比較により、詳しく検証する。

まず、被験者による不安度内観報告では、図-6のように、区間ごとの不安度平均値の相関係数が0.9を超える高い値となっている。また、心拍数変動指標と副次課題成績指標でもそれぞれ0.75を超えており、人間の思考という複雑なテーマを扱っているという性質上からみて、かなり高い再

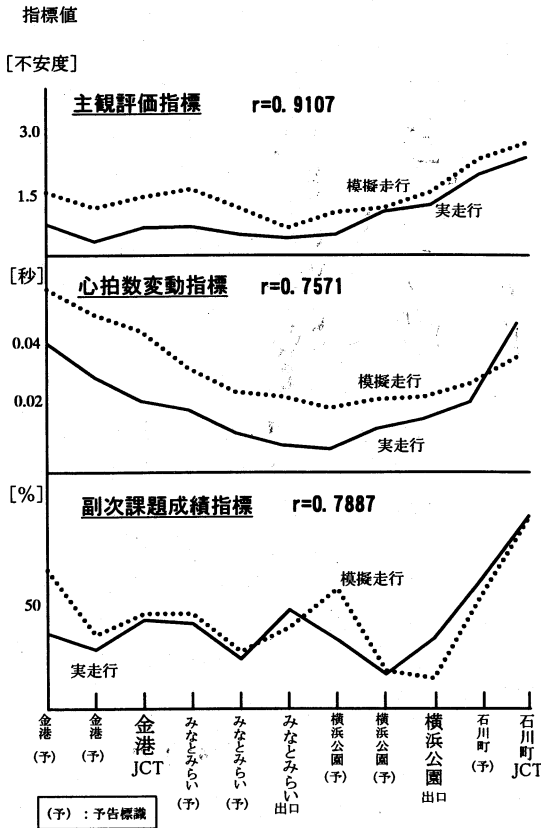


図-6 実走行実験と模擬走行実験での各指標値の比較

現性、信頼性を持っていると言える。

ただ、模擬走行時の各指標値のほとんどが、実走行時の値を上回っていることから、模擬走行実験中の被験者の緊張感が高いことがわかる。したがって、各評価値に何らかの補正をするか、もしくは、実験環境を変えることにより、実験時の緊張感を和らげるような配慮も必要である。また、特に心拍数変動指標について、実験開始直後に緊張感が高くなっていることから、実験開始前に操作の使用法、副次課題の答え方などの練習を十分行い、予備区間で走行した後、定常の心理状態に戻った後に実験を開始するなどの措置が求められる。

このような点に注意して改良すれば、かなり活用価値のあるシステムとなるであろう。特に、案内標識の改善効果や、設置前の案内標識の代替案との比較等の場合に際して、それほど厳密に現実

を再現していなくても、ドライバーの心理状態の変動傾向を客観的に評価できる可能性が示されたことは、実用面での効用が期待できる。なにより、経路全体を通して、連続的に評価値が得られるという点が、この模擬走行装置の長所である。

7. 結論および今後の課題

本研究では、まず、3種の案内標識評価指標について、それぞれの特徴と有用性について明らかにした。主観評価指標は、直接的な評価指標として、依然として重要な役割をもつ。客観評価指標としての心拍数変動指標は、走行中の精神作業負荷の長期的な変動を表す指標として適しており、また、二重課題法を用いた副次課題成績指標は、個々の標識の読解に要する注意リソース量を表す指標として適している。よって、これらの特徴を踏まえて、幾つかの評価指標を組み合わせて用いることで、実際の案内標識評価指標として有用である。

また、今回開発した模擬走行装置は、案内標識の再現性や道路構造をも一体化して再現しており、案内標識評価のための装置として使用するに堪える現実再現性を有する。

今後は実際の評価に使えるように、評価値の算定法を確立し、判断基準を明確にしていく必要がある。そのためには、今回のように単一のルートだけではなく、いろいろな属性を持つ被験者について、いくつかのルートで実験し、データを収集しなければならない。また、道路管理者に寄せられる、案内標識に関する苦情の件数や、交通事故数などの現実のデータと本研究で用いた指標値を比較することにより、実際の評価を行う際の、指標値の許容範囲を類推できるかもしれない。

また、今回検討した各種の評価指標については、交通工学の他の問題についても応用できるものであると考える。カーナビゲーションや携帯電話の操作による交通事故が問題となっている昨今、運転中の精神作業負荷について知ることは、ますます重要度を増してくると思われる。

いずれにしても、このような人間の認知に関する研究は、はっきりとした正解や到達点がなく、

目標とする点を見失いがちである。明確な目的意識を持ち、実用性を考慮して今後の研究にあたることが大切であると考えている。

参 考 文 献

- 1) 栗本典彦, 梶太郎; “案内標識の地名選定の評価に関する一考察”, 第3回交通工学研究発表会論文集, 1976
- 2) 満田喬, 梶太郎, 大友恭也; “案内標識の視認性に関する要因分析—案内標識の判読性走行調査結果の報告—”, 第5回交通工学研究発表会論文集, 1980
- 3) 越正毅, 富岡征一郎, 福島洋介; “案内標識のデザインの実験的研究”, 交通工学, Vol. 4, No. 6, 1969
- 4) 藤垣裕子; “標準化の内実とメンタルワークロード研究の方向性”, 人間工学, Vol. 29, No. 6, pp. 385~388, 1993
- 5) 芳賀繁; “メンタルワークロードの測定と注意リソースの測定”, 人間工学, Vol. 29, No. 6, pp. 349~352, 1993
- 6) 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. 357~363, 1993
- 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, 1993
- 8) 牧野博明; “道路案内標識評価システムの開発”, 東京大学修士論文, 1995
- 9) 桑原雅夫, 赤羽弘和, 牧野博明, 白石智良; “道路案内標識評価システムの開発”, 交通工学, Vol. 31, No. 4, 1996

- 10) KIM J. VINCENTE, D. CRAIG THORNTON, NEVILLE MORAY; Spectral Analysis of Sinus Arrhythmia: A Measure of Mental Effort, HUMAN FACTORS, 1987.
- 11) 前掲4)など
- 12) 日色真帆; “都市空間の経路探索に関する研究”, 東京大学博士論文, 1993
- 13) Arthur F. Kramer, Christopher D. Wickens, Emanuel Donchin; “Processing of Stimulus Properties: Evidence for Dual-Task Integrality”, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1985

注) 表-3の t 値は, 通常区間 (標識区間) の分布を用いた時に標識区間 (通常区間) の指標値の t 値を求めたものである。例えば, 表-3 a) の -2.35 という値は, 次のようにして求められる。

$$\frac{0.00946 - 0.01336}{0.00468\sqrt{n}} = -2.35,$$

n : サンプル数=8

(1998年4月3日受付)
(1998年11月6日再受付)

