2025 年　4 月　10 日

＜研究課題＞対話式車載インタフェース開発に活用できる認知負荷の簡易計測法の開発

代表研究者　名古屋大学未来社会創造機構　　研究員　岸　浩司
共同研究者　名古屋大学未来社会創造機構　特任教授　青木宏文

【抄録】
対話式車載ユーザインタフェースの認知負荷の計測のために，ISO17488 が開発され，活用されている．この ISO は、認知負荷の主要指標である RT（反応時間）を測定するための二次タスクとしての DRT（検出応答タスク）を実施方法を規定している．しかし，実際の対話式車載ユーザインタフェース開発に本 ISO を適用するには，一次タスクとして， DS（運転シミュレータ）が必要であり，実験コストが高額となる問題がある．そのため，DS を用いずに認知負荷が測定可能な，簡潔な方法が望まれている．
我々が開発した，DS を使用せずに認知負荷を測定する 2 種類の計測アプリケーションソフトウェア「8DOT_DRT」と「8DOTs_膨張検知」と，従来の DS＋ISO17488 を用いて，軽微な認知負荷を測定し，結果を比較した．結果，「8DOT_DRT」と「8DOTs_膨張検知」は DS＋ISO17488 には及ばないが，軽微な認知負荷の検知が可能であり，開発において活用可能なことがわかった．

1．全体の目的

Driver Distraction（運転時の注意散漫）による事故の抑制は各国共通の課題だが，米国において特に重要と捉えられている．米国では，Distraction に起因する交通死亡事故は，2019 年から 3000 人/年以上で推移し，2022 年は 3308 人に上る．そのため NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)は事故低減を目指しキャンペーンを継続中である．

Cognitive-Distraction の主要因の一つである認知負荷の計測法として，ISO17488[(1)]による DRT (Detection Response Task)の適応検討が各所で進められている．ルールやガイドライン化には至らないが，各社が,開発中の対話式ユーザインタフェースがもたらす認知負荷の良否を判断するための方法としては，ユーザインタフェースの開発終盤で，この ISO17488 を用いて， ISO/TS14198 で規定する 0Back, 1Back, 2Back 等の標準化された音声タスクと，開発したユーザインタフェースの認知負荷の大きさを比較して認知負荷の良否を判断することが考えられる．

各社で開発中の対話式ユーザインタフェースの認知負荷を ISO17488 にて計測する場合の最大課題はコストである．ISO17488 では，セカンダリタスクとしての DRT (Detection Response Task)の反応時間(以降 RT と称す)を認知負荷の主な指標とするが，別に主タスクを設定する必要がある．主タスクには，通常 DS (Driving Simulator)の運転を用いるが，設備の費用負担が大きい．簡便に，1 台の PC とディスプレイのみで認知負荷が計測できるようになれば，ユーザインタフェースの開発者自身が，開発途中のユーザインタフェースの認知負荷を， 自席で 1Back 等と比較して，より小さく改良することが可能になろう．これにより ISO17488 によるチェックは開発最終盤だけで済む．

2．計測アプリの概要

そこで我々は，簡便な計測方法の開発に挑み，1 台のデスクトップ PC 上で作動する，認知負荷計測アプリケーションソフトウェア（以降，計測アプリと称する）の2種を開発した[(2)]．計測アプリの概要は,主タスクとセカンダリタスクの組合せであり，主タスクは画面中心付近を周回するドットの膨張検知課題（図 1）．セカンダリタスクは下記の2種．何れも，セカンダリタスクの RT を認知負荷指標とするもの
・8DOTs_DRT(図 2):外周 8 ドットから，任意の時間に黒色から赤色に転じたドット1つの発見
・8DOTs_膨張検知(図 3):外周8ドットから，任意の時間に膨張開始したドット1つの発見

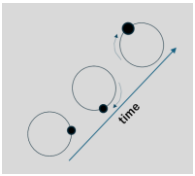


図１　主タスクの膨張検知

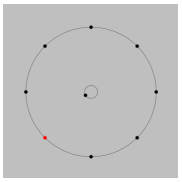


図2　8DOTs_DRT

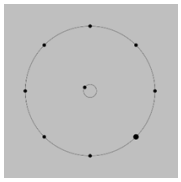


図３　8DOTs_膨張検知

3．本研究の目的

本研究では，開発した計測アプリ２種と DS＋　ISO17488 の組合せ(以降は DS+1DOT_DRT と称す)計３種類の計測方法にて，軽微な認知負荷(1_Back)の計測を行い，計測アプリが ISO 同様に計測できるかを検討する．

実験１では，各実験協力者に３種類全ての測定方法を適用し，軽微な認知負荷の影響が検出可能か検討した．この場合，認知負荷の影響検出のみならず，個人内での測定方法間の相関の

確認が可能になる．しかし，先行する測定法の経験が，後の測定法の結果に影響する可能性が残される．

実験２では，実験協力者を３種類の測定方法それぞれに割り当てて，先行する測定方法の影響を排除した上で，軽微な認知負荷の影響が検出可能かを検討した．

４．実験１

4-1 実験方法

計測アプリによる計測：図 4 に示す機器を用いて，8DOTs_DRT もしくは 8DOTs_膨張検知を提示し，セカンダリタスクの RT を計測した．

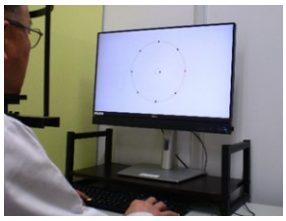


図４ 計測アプリ提示機器

DS+1DOT_DRT による計測：図 5 の DS を用いて， DS+1DOT_DRT における RT を計測した．主タスクは図 6 の速度変化で走行する前車に対し車間 50m で追従走行すること．セカンダリタスクはドライバの前方の左右中央，下方視角 9 度に，視角直径 1 度の赤ドットを 3～5 秒のランダムな間隔で提示した（図 5 の下方に赤色ドットを示す）．ドライバは赤色ドットを検知したら，出来るだけ早くステアリングコラム右側のターンシグナル兼用のストークレバーでパッシング操作し，RT を計測した．

図 5 DS+1DOT_DRT

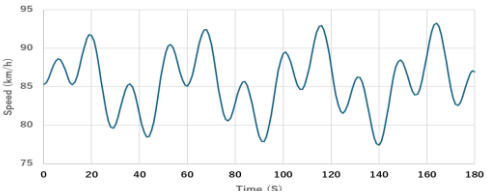


図 6 先行車の走行速度変化

認知負荷：上述の 2 種の計測アプリおよび DS+1DOT_DRT ともに下記の認知負荷を適用した．1Back と 0Back(ISO/TS14198 準拠)と N_Back 無の 3 条件を実施した．0Back 条件は 1Back を超えない対話式車載ユーザインタフェースのダミータスクとして加えた．但し RT の詳細な解析は 1Back と N_Back 無のみについておこなった．

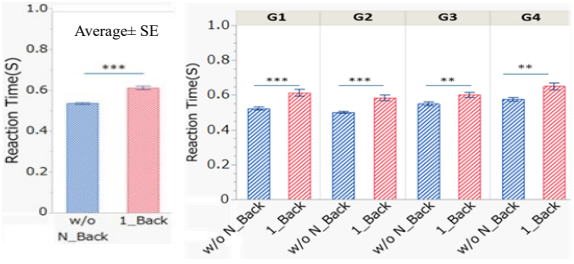
実験協力者：過去 6 か月以内に ISO17488 関連の実験に参加していない，且つ，普通自動車運転免許保有で週1回以上運転する者が参加した．最終的に NHTSA ガイドラインにて推奨される年齢グループの人数を確保した．データ解析できた実験協力者の内訳を以下に示す．計 30 名であった．

- G1:18-24 歳:7 名(女 3,男 4)
- G2:25-39 歳:9 名(女 5,男 4)
- G3:40-54 歳:7 名(女 3,男 4)
- G4:55-64 歳:7 名(女 3,男 4)

実験手続き：実験協力者は，前日までに YouTube 動画を視聴し，0Back および 1Back の練習を行った．計測アプリ 2 種類および DS 実験は同一日に実施され，実験協力者は全てに参加した．3 種の計測法においては，それぞれ認知負荷 3 種について，2 分以上の練習を行ったのち本実験 2 分×2 試行の計測を行った．それぞれ計 20 の RT データを取得した．

4-2 実験 1 結果

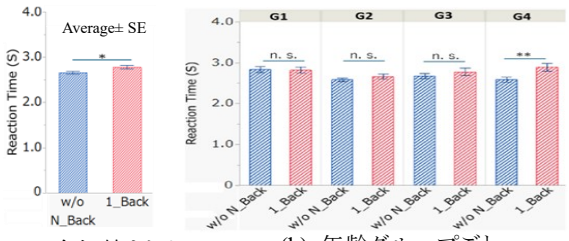
8DOTs_DRT の RT について，全年齢をまとめた場合と年齢グループごとの結果を図 7 に示す．1_Back の分散が N_back 無より大($p<0.05$)であったため，検定には等分散を仮定しない welch の t 検定を採用した．以降の全ての解析においても同様に welch の t 検定を採用している．全年齢まとめ(a)で．1_Back 有無に有意差あり($p<0.001$)．G1~G4 の各グループ(b)においても,すべてのグループで $p<0.001$ もしくは $p<0.01$ の有意差が認められた．



(a)全年齢まとめ (b) 年齢グループごと

図7 8DOTs_DRT の RT

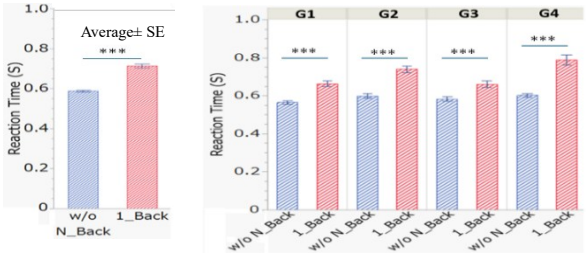
8DOTs_膨張検知の RT について，全年齢をまとめた場合と年齢グループごとの結果を図 8 に示す． welch の t 検定の結果．全年齢まとめ(a)で有意差あり($p=0.022$)． グループごと(b)では，G4 のみに有意差が認められた($p=0.008$)．



(a)全年齢まとめ (b) 年齢グループごと

図 8 8DOTs_膨張検知の RT

DS＋1DOT_DRT の RT について，全年齢をまとめた場合と年齢グループごとの結果を図 9 に示す． welch の t 検定の結果，全年齢まとめ(a)で有意差あり(p<0.001)．グループごと(b)でも，すべてのグループでの有意差が認められた(p<0.001).



(a)全年齢まとめ　　(b) 年齢グループごと

図 9 8DOTs_膨脹検知の RT

個人ごとの，DS+1DOTs_DRT の RT 平均値と 8DOTs_DRT の RT 平均値の相関係数を求めた．r=0.62 であった． DS+1DOTs_DRT の RT 平均値と 8DOTs_膨脹検知の RT 平均値の相関係数を求めた． r=0.44 であった．

4-3 実験 1 考察

8DOTs_DRT と DS+1DOT_DRT は,全年齢まとめた場合および各年齢グループの全てにおいて，1Back の RT が N_Back 無条件より長いことが確認された．このことから，DS+1DOT_DRT のみならず，8DOTs_DRT でも軽微な認知負荷が検出できたと考えられる．8DOTs_ 膨脹検知については，全年齢をまとめた場合は軽微な認知負荷が検出できたが，グループごとでは，全体 4 グループ中の 3 グループでは，軽微な認知負荷は検出できなかった．

ここで，8DOTs_ 膨張検知で 1Back と N_Back 無の差が見いだしにくくなった原因を考えた．8DOTs_膨脹検知では，画面中央付近の主タスクのドット付近を注視しつつ，画面上の計 9 個のドット群から意識に上る(ポップアップする)ドットがあればそのドットに注意を向け，または注視することで，膨張を確信しボタン押反応することを想定している．しかし，実験協力者によっては，練習が不十分で，網羅的探索に陥り N_Back 無であっても反応時間が長くなってしまう場合があり，1Back との差が誤差に埋もれた可能性があると考えた．そこで，試みとして，年齢ではなく N_Back 無の場合の RT の大小で実験協力者を 10 名ずつ 3 グループに分け，再解析を試みた．結果を図 10 に示す．RT が最も短いグループでは，高い有意差(p=0.001)が認められた．また，この 10 名の DS+1DOTs_DRT の RT 平均値と 8DOTs_膨脹検知の RT 平均値の相関をみたところ，相関係数は r=0.58 に上昇した．このことから，8DOTs_膨張検知では，本実験前の練習をより充実するべきと考えた．そこで，後述する事前練習の対策を実験 2 の実験の手続きに加えた．

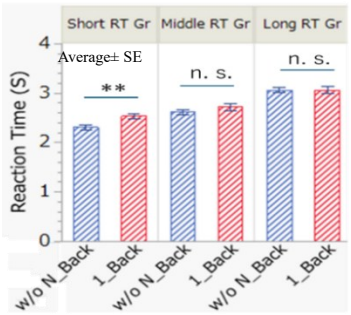


図 10 N_Back 無の RT でグループ分けした結果

５．実験 2

8DOTs_DRT 計測アプリと事前練習を追加した 8DOTs_膨脹検知計測アプリ，また DS+1DOT_DRT によって，軽微な認知負荷(1Back)の影響が検出できるかを検証する．ここでは，先行する計測方法が後の計測に影響しないよう実験協力者ごとに測定方法は 1 つのみとした．

5-1 実験方法

全ての測定法について，主タスクおよびセカンダリタスクと認知負荷は，実験 1 と同じ．ただし 8DOTs_膨張検知のみについては本実験前に下記の事前練習を追加した．8DOTs_膨張検知の事前練習:N_Back 無の条件にて 1 分間（10 個のデータを取得）の練習試行を繰り返し行った．各試行後，主タスク RT とセカンダリタスク RT の平均値を実験協力者にフィードバックした．練習試行にて，RT 平均値が主タスクで 2 秒以内，且つ，セカンダリタスクで 3 秒以内が 2 試行連続することを基準に，それをクリアした場合に，本実験に臨むこととした．

実験協力者:データ解析できた実験協力者は 30 名，実験 1 からの継続 15 名と新たな参加者 15 名であった．実験 1 と 2 は 5~6 か月の間隔を空けた．各条件への振り分けは以下のとおり．

‣8DOTs_DRT:男 5 女 5,平均 43.2, SD14.2 歳
‣8DOTs_膨張検知:男 3 女 6,平均 41.1,SD12.6 歳
‣DS+1DOT_DRT:男 8 女 3, 平均 40.0, SD15.3 歳

実験手続き：実験協力者は，前日までにあらためて YouTube の動画を視聴し，0Back および 1Back の練習を行った．実験協力者は， 3 種の測定法のうち，いずれかの実験のみに参加した．

5-2 結果

DOTs_DRT の RT について， 10 名全員の結果を図 13 に示す．実験 1 と同様の統計手法にて解析した．welch の t 検定の結果，有意差が認められた（ｐ=0.021）

8DOTs_膨張検知について，事前練習に関して，9 名全員が最大 5 回の試行で基準を達成することができ(試行回数の平均値 2.9 回, 標準偏

差 1.1 回)，本実験に臨んだ．図 14 は，事前練習の基準を 5 試行でクリアした際の結果を実験協力者にフィードバックした画面の例である．⓪ が最新の RT を示しており，試行回数を重ねることで RT が短くなる傾向がわかる．

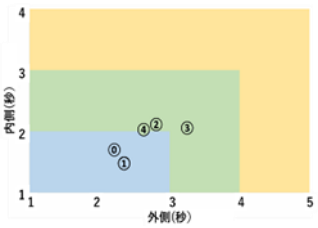


図 14　事前練習結果の例

8DOTs_膨張検知の RT について， 9 名全員の結果を図 15 に示す．welch の t 検定の結果，有意差が認められた(p =0.024).

8DOTs_DRT の RT について， 11 名全員の結果を図 16 に示す． welch の t 検定の結果，有意差が認められた（ p ＜0.001）.

尚, 実験 1 と 2 を通して, 8DOTs_DRT, 8DOTs_膨脹検知, DS＋1DOT_DRT すべての測定方法に関して，全年齢または各年齢グループ，何れにおいても， 0Back の RT 平均値が 1Back の RT 平均値を有意に上回ることはなかった (welch の t 検定を適用，p 値基準 0.05).

6.考察

実験 2 の結果から，8DOTs_DRT と事前練習を追加した 8DOTs_膨脹検知では，1Back の RT が N_Back 無条件の RT より長いことが確認された．このことから，DS+1DOT_DRT のみならず， 8DOTs_DRT と， 事前練習を追加した 8DOTs_膨脹検知でも軽微な認知負荷が検出できると考えられる．一方で，その検出力は有意水準の違いから, DS+1DOT_DRT には及ばない可能性がある．

DS+1DOT_DRT の有意水準は p<0.001 と非常に高い値であった．しかし他の文献では異なる結果もある．今回と同様の DS+1DOT_DRT 測定方法で，1Back と 2Back の差が検知されない場合や, DS+1DOT_DRT の RT は，他の指標に比べ認知負荷の検出能力に劣ることが報告されている．これらの文献では，実験協力者は単独で定常速走行を行っていた．一方，今回の実験では, 先行車は複雑な速度変更を行い, 且つ, 車間 50m 以内で追従走行したために，ドライバは前方車両に, より注意を払う必要があった．主タスクへのタスクディマンドが増大し, それに対応する能力を発揮するために, 認知的注意資源の配分量が増え, 相対的に周辺視への注意配分マージンが少なくなったため DRT の RT への認知負荷の影響が出やすくなった可能性がある． この知見は DS を用いて DRT を行う際の走行条件設定に役立つ. 逆に, 8DOTs_DRT と 8DOTs_膨脹検知は，DS+1DOT_DRT に比べて主タスクの難易度が低く, 認知的注意資源をあまり奪わなかったため軽微な認知負荷による差が出にくかった可能性がある．

7. 今後の課題

開発した「8DOTS_DRT」,「8DOTs_膨脹検知」の各測定方法は，軽微な認知負荷(1Back)が検知できることがわかったが, DS+1DOT_DRT に代替可能とまではいえない．今後は，主タスクの難易度を調整式にして， 検知能力を DS+1DOT_DRT 並みにする方法を検討する．あわせて，計測を繰り返した場合の，軽微な認知負荷の検出力の低下度合いを確認する．また必要であれば検知力の維持方法を検討する．

8. 研究成果の公表方法

本結果は, 2025 年 5 月に自動車技術会春季大会にて発表する．

また今後の課題への対応を行った後，自動車技術会論文集に投稿する． また米国 SAE 等の国際学会にて発表する．

参考文献

(1) ISO17488: Road vehicles -Transport information and control systems - Detection-response task (DRT) for assessing attentional effects of cognitive load in driving (2016)

(2) 岸浩司,青木宏文:対話型ユーザインタフェースの認知負荷の簡便な計測法の開発(予備的検討)． 自動車技術会 2023 秋季大会学術講演予稿集, 20235137, (2023)

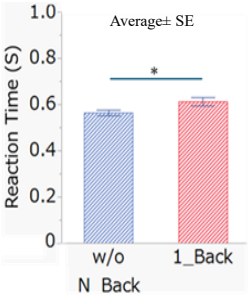


図 13　8DOTs_DRT

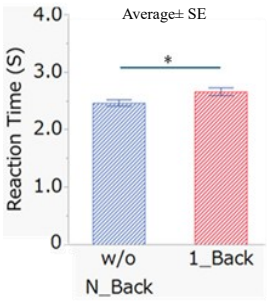


図 15　8DOTs_膨脹検知

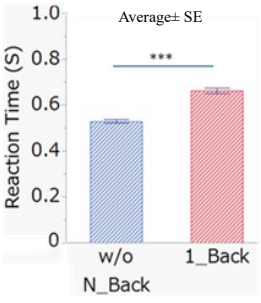


図 16 DS+1DOT_DRT

Concisely Measuring Cognitive Workload of the Interactive User Interface

Primary Researcher: Hiroshi KISHI
Researcher, Institute of Innovation for Future Society
Nagoya University
Co-researcher: Hirofumi AOKI
Professor, Institute of Innovation for Future Society
Nagoya University

ISO17488 has been developed and is being used to measure the cognitive workload of interactive in-vehicle user interfaces. This ISO specifies how to conduct the DRT(Detection Response Task) as a secondary task to measure RT(Reaction Time) which is the main index of cognitive workload. However, to apply this ISO to the development of actual interactive in-vehicle user interfaces, The use of DS(Driving Simulator) is required as a primary task, which increases the cost of the experiment. Therefore, a simple method that can measure cognitive workload without using DS is desired.

We measured light cognitive workload using two types of measurement application software, we have developed. Those are "8DOT_DRT" and "8DOTs_Expansion Detection" .They are without using DS. Also,the conventional DS + ISO17488 method is used to measure light cognitive workload. All results are compared, and we found that whereas "8DOT_DRT" and "8DOTs_Expansion Detection" are not as good as DS + ISO17488. But They are capable of detecting light cognitive workload and can be used in development of the interactive in-vehicle user interfaces.