

11. 車載型発話音声分析装置の試作評価

機上等技術領域 ※塩見 格一
航空交通管理領域 瀬之口 敦

1. はじめに

近年、統計的には我が国の交通事故死者数は低下しており、嘗ては年間一万人を超えた死者数も現状では七千人を割るところまできた。これは安全教育と様々な安全技術の実用化と導入による成果と考えられる。

しかしながら、本来的に適正な業務管理により事故を軽減できる筈の職業運転手による事故が、例えば、高架の高速道路から大型のトレーラが落ちそうになる等の社会に深刻な影響を与える大事故が、必ずしも無くなった訳ではなく、逆に、中小零細な運輸業者における過酷な労働環境が問題視される状況が目立つ様になっている。

現在は、無駄の排除による合理化とその結果としての効率の改善が、あたかも社会正義の様に捉えられるパラダイムであって、確かに、これらの錦の御旗がそのコンセプトにおいて誤ったものとは考え難い。しかしながら、上述の様な事故が発生し、その背景が問題視される状況は、具体的な個々の事例において、コンセプトに対する理解とその適用方法が必ずしも正しくはない事に起因している様に思われる。即ち、短期的には合理化と思われた方策が、長期的に継続的に適用可能な方策ではなかったのであって、直ぐ効く強い薬を副作用を無視して使い続けた様な状況が発生したと考えられる。

上述のコンセプトにおける誤解は、先ずは“無駄”の理解にあり、我々はそもそも、無駄と必要な余裕とを区別することが出来ない事に気付かねばならない。短期的には、健全な人間は柔軟なシステムであるから、余裕を失う様な状況においても直ちにホメオスタシスを失う事等はなく持ち堪えることはできるが、その様な状況に長期的に耐える事は不可能であり、この“長期的”と謂う期間にも個人差がある。いずれにせよ、人間は休みながらでなければ働けないのであって、一時的に無理をすれば、何処かでその分だけ余分に休まなければならない。

“無駄”に対する無理解が、時には確信犯的な無謀行為や作為であるかもしれないが、不当な業務管理の不当性を隠蔽しているのであって、この様な状況が成立し得る場合、如何なる安全装置が技術的に実現されようとも、更なる安全性の向上等は期待す

べくもない。

2. 予防安全技術と装置

以上の様な状況において、更なる安全性の向上は、「自分が事故を起こす筈がない。」と言った根拠のない運転者の自己に対する過信や、先のような不当な業務管理を、原理的に成立させ得ない制度の確立と、その制度の運用に必要となる“人間の健全性についての客観的な指標値を与える装置”に依らなければ不可能である。

制度においては、トラック等の運転が職務であるならば、過労や睡眠不足、薬物等の摂取等々により、その職務目的において要求される健全性を失っている場合には、“運転をしない事”と“運転をさせない事”を義務付けるものであることが必要である。

装置においては、上記“健全性”や“健全性のレベル”の判定を運転手と業務管理者の双方が、更には第三者が、同時に納得できる程度の客観的な指標値として提示する機能を実現する事が必要である。

トラック運転手の健全性を評価しようとする場合、覚醒度とか疲労度が健全性の尺度として考えられるが、覚醒度も疲労度も個々人の感覚としては理解し易い尺度ではあっても、これは、実は主観的な尺度であるために、直接に定量的に計測する事はできない。覚醒度については、フリッカ・テスターで計測可能な臨界識別周波数と強い相関を有する事から、現実的に運用するには様々な問題があることは明らかではあるが、これを間接的な尺度として利用する事は可能である。しかしながら疲労度については、現時点では、一般的に信認を得ている尺度等において、その定量的な評価において十分な信頼性を有するものとして利用可能な尺度は存在しない。

電子航法研究所において研究開発を進めてきた発話音声分析装置は、上記の覚醒度や疲労度を“脳の活性度”の観点から捉えて定量的に評価することを目的とした装置である。発話音声分析装置は、発話者の声から、その発話時の発話者の脳の活性度を定量的に評価し、その時の活性度、またその時までの活性度の変化のパターンから、“居眠りを起こす可能性の上昇”や“過労状態に陥る可能性の上昇”を警告する事を可能とする装置である。

上記発話音声分析装置は、利用者のヒューマン・エラーを起こす可能性の増大を警告する、最上流の予防安全装置となり得る装置である。

3. 車載型発話音声分析装置と機能評価実験

1998年に発話音声のカオス性と発話者の疲労との関係の発見以来、実用化に向けての研究開発は、以下の3つの方向から進めてきた。

- 1) 必要な診断性能を実現するための発話音声データサイズの低減
- 2) データサイズ当りの診断値の信頼性の向上
- 3) データサイズ当りの演算処理時間の低減

その結果、1998年当時は疲労の蓄積の判定には〜5分程度の連続的な発話音声が必要であったが、現時点では同程度の判定は〜3秒の発話音声により行う事が可能となっている。演算処理速度についても、当初は最高性能のワークステーションを利用しても数時間以上を要したものが、現時点では汎用のパソコンであっても発話時間と同程度の時間で十分なまでに、4桁以上の改善が実現された。

遂に、電源装置を含めて、装置の構成に必要な全てのコンポーネントを一体に纏めても普通乗用車に十分に搭載可能な規模に取り纏める事ができた。現状の車載型発話音声分析装置には、リアルタイムに運転者に問い掛け、その応答音声进行分析して、運転者の応答から〜10秒以内に分析結果を提示する機能が実現されている。

以下は、同車載型発話音声分析装置のソフトウェア機能を検証するために実施した実験の内容と結果である。なお、車載型装置のハードウェアについて



図1 車載型発話音声分析装置

では、その製作が間に合わなかったために、汎用のラップトップPCを利用して代用させた。

実験は、平成18年6月22日から7月2日までの期間で、図2に示す土木研究所の苫小牧寒地試験道路を借りて実施した。被験者は全員、苫小牧在住の職業運転手の方々に、走行試験前日の21時頃にテストコースに来ていただき、そこで平均的な体力を有する事を確認し、翌朝の実験開始まで約6時間の睡眠を取ってもらった。

図3は、実験のタイムテーブルであり、同時に2人の被験者で実験を行う事としたために、2人目の被験者には、1人目の被験者に対して30分遅れて同じ作業をしてもらう事とした。

走行実験は、いすゞ自動車殿より提供を受けた小型トラックを使用して行い、被験者には、時速40kmでの定速走行をお願いした。実験走行は、観測室前から開始し、①②③④の順番でコースを5周して観

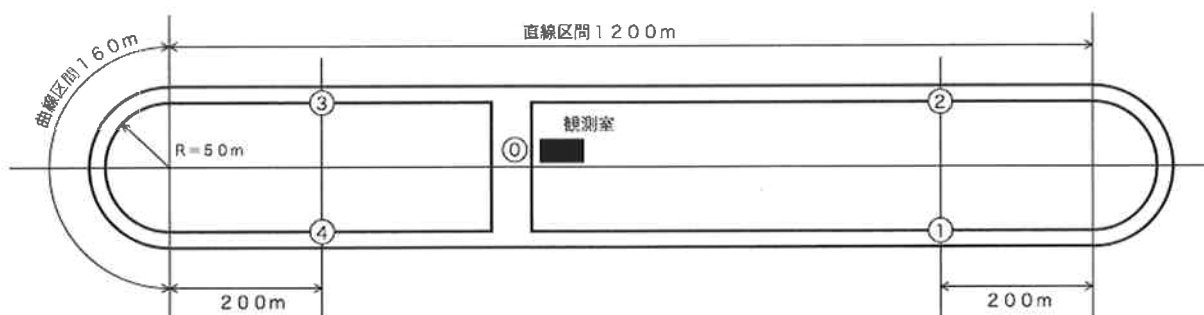


図2 土木研究所 苫小牧寒地試験道路

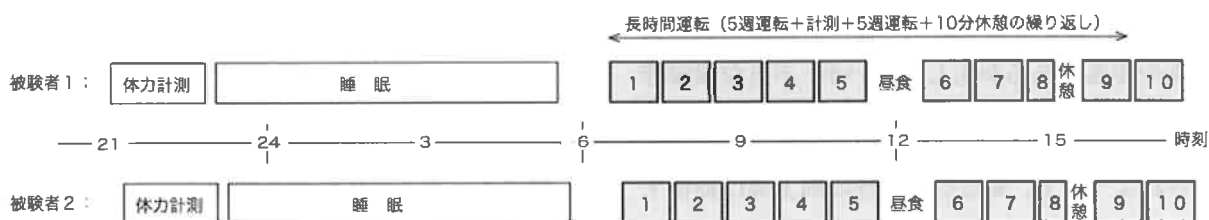


図3 心身状態計測実験タイムテーブル



図4 観測室への取付け道路から見たテストコース(左側と右側)と換呼のための看板

測室前に停車し、そこで運転席においてフリッカ識別臨界周波数の計測等を行い、引き続き③④①②の順番で5周走行する事を1試行として実施した。実験は、この試行を10分間の休憩を挿みながら繰返す事として行い、午前中に5試行を実施した。

午前中の試行時においては被験者には水分の補給のみを行うこととして、全20名の被験者の条件を揃え、平均的な経時的变化の観測を目指した。

実験走行は、昼食後についても同様に行ったが、休憩時には当分を含む飲料の摂取を認めた。なお、第8試行においては、実際の実験実施時に被験者の疲労が高いと判断されたために、後半の5周の走行を中止し、その時間を休憩に充てる事とした。

発話音声の収録については、上記テストコース上の①～④の位置に看板を立て、その地点の通過時に「○番通過速度よし！」と換呼してもらうことにより運転作業時の発話音声を収録し、また観測室前に停車する度に、朗読カードを音読してもらうことにより朗読音声を収録した。

朗読カードは、日本の昔話を5～8秒程度で読める様にアレンジしたテキストを葉書程度のカードに印刷したものであり、これを予め20枚用意し、被験者には、この中からランダムに3枚を指定して

読んでもらった。換呼看板は、テストコースの風景と共に図4として写真に示す様なものである。テストコースは写真の様に単調な景色の中にあり、実験後には、多くの被験者が単調性故の眠気に耐えなければならなかった、と認めている。

図5は典型的に期待通りの結果となった例であり、午前中の5試行において換呼音声から算出された脳活性化指数値が平均的に次第に低下している様子が観測されている。なお、換呼音声から算出された脳活性化指数値のプロットとしての赤○は、そのプロット時刻から過去10分間に換呼された音声から算出された指数値の平均値である。また朗読音声から算出された脳活性化指数値のプロットとしての青■は、3枚の朗読カードの朗読音声からそれぞれ算出された指数値の平均値である。

図5においては、昼食後に一時的に脳活性化度が回復するものの、その後急激に眠気に襲われたと思われる低下や、終末効果と呼ばれる状況と思われるが、実験の終わりに比較的高いレベルを維持している様子等、我々の日常的な感覚に整合する脳活性化度の変化が示されているのではなかろうか。

朗読音声から算出される指数値が換呼音声から算出される指標値に比較して低い状況については、

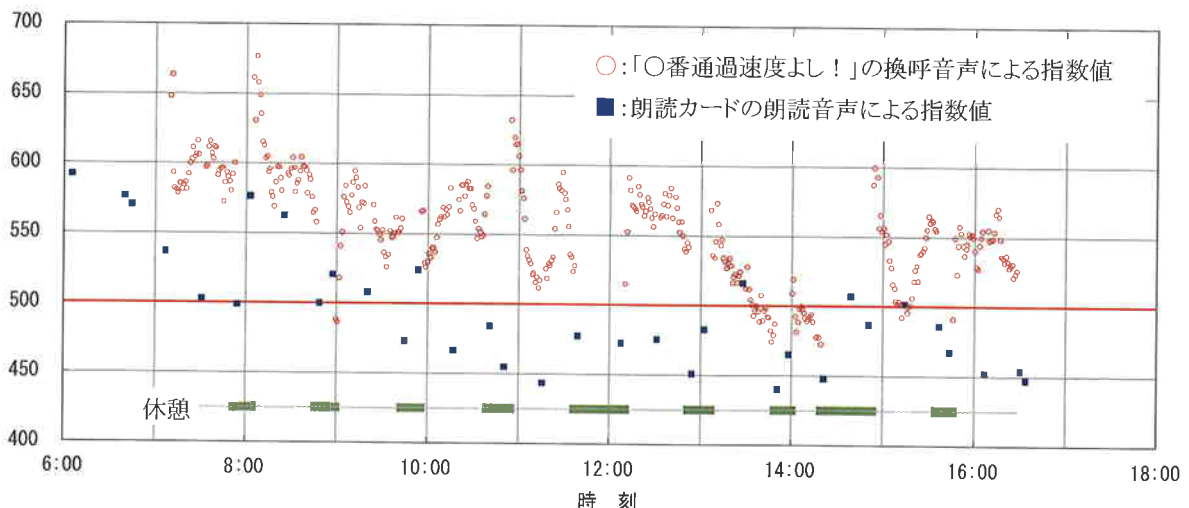


図5 経時的な脳活性化指数値の変化

現在、前者の指数値が朗読内容に対する被験者の読み方に依存する事が分かっており、今後は、朗読音声の収録においては、被験者に対して適正な内容を用意する事が必要と考えられている。

なお、我々が脳活性度指数値と呼ぶ指数値が低い時に、今日“脳活性度”と呼び得る共通概念や尺度が社会的に存在するとして、我々はその様な概念等は知らないが、その様な意味での被験者の脳活性度が低い事を意味するものではない。

我々が目的とする処は、“脳活性度”や“疲労”がどの様に定義可能なものであろうとも、その評価を目的とするエンジニアリングにおける目的に叶う装置を実現することにある。即ち、発話音声から発話者が居眠りを起こし易い状況を識別し、これを予見的に警告する事が可能であれば、その状態における発話者の脳機能状態がどの様に呼ばれるものであっても、何等構うものではない。

4. おわりに

筆者等は1998年以来、上記エンジニアリングにおける目的の実現のために研究開発を進めてきた。実験結果や研究成果の公表においては、常に一般的な概念としての“疲労”や“ストレス”を問題としなければならなかったが、その都度「本当に被験者が眠かったのか、また疲れていたのかが証明されていない。」等々との批判を受けてきた。

上記の様な問いや批判は、考えるまでもなく不可能な事を求めているのであって、生産的に受止めれば“眠気”や“疲労”や“ストレス”を明確に定義する事を求めるものと理解できるが、我々は、常に実験目的に対しては明確に“眠気”等々を定義してきた。我々の定義を一般的な“眠気”等々の定義としては認められないとの意見を以て、エンジニアリングにおける目的が見失われるべきではない。

しかしながら2005年遂に我々は、鉄道総合技術研究所殿のご協力により、鉄道車両運転シミュレータにより、その運転席で疲労により被験者が居眠りをして停車駅を通過してしまうまでの、またそれ以降の約1時間の発話音声データ及び生理データの収録に成功した。この実験により、**過労状態や強い眠気を発話音声により予見的に検出可能な場合が存在する事が、多くの方々に受入れ可能な事実として認知してもらう事ができた。**

以降、実験の目的を、発話音声により発話者の過労状態等々を評価しようとする場合、その信頼性の確保に必要な事柄等を明らかにする事として、また発話音声分析装置については、その信頼性を維持しながら信号処理の高速化を実現することを目的と

して研究開発を進めてきた。

本稿において紹介した小型トラックを利用した実車実験は、実車環境において、開発を進めてきた装置の有効性を検証する事を目的として実施したものであり、朗読音声に比較して遥かに短い1~2秒程度の換呼発話音声であっても、運用方式を適正に設定すれば、十分にその発話者の脳活性状態の低下を検出し、危険状態の可能性を警告する事が可能である、と言う事を証明できたと考えている。

今後、実用化に向けては、適正な運用方式等を明らかにするために、より多くの被験者による機能検証実験が必要である事は明らかであるが、2002年には10トン以上もある液冷式のスーパーコンピュータに依らなければ不可能であった発話音声のカオス論的リアルタイム処理が、現時点では1kgもない汎用のPCUでも可能となっている。我々は、一つのかかなり高かったハードルを越えた。

運転手が余裕ある心身状態で且つ適度な緊張感を持ってトラック等の運転を行うことは、将来的にどの様な安全装置が実現されたとしても、交通安全の第一の前提であることに変わりがある筈もない。安全装置はそれがどの様なものであっても、例えば利用者の非健全状態を検出して運転を開始させない様な機能を有するものであっても、何等かの平均的な利用者の或る計測可能な平均的な心身状態を想定して設計され製造・提供されるものである。

我々の発話音声分析装置の実用化は、運転者が行おうとする様々な行為を生成する運転者の脳、大脳新皮質の前頭前野の機能状態の監視を可能とするものである。発話音声分析装置は、他の安全装置と任意に組み合わせることが可能であって、且つその安全装置に深刻な副作用を与えない、更により以上に、それらの安全装置の前提とする人間の脳機能の健全性を評価することによりそれら装置の機能を本質的に支える、最上流の予防安全装置となる可能性を多に有する装置である。

謝辞

発話音声分析装置の開発評価に多大なご協力を戴いている東北大学殿、鉄道総合技術研究所殿、いすゞ自動車殿、他ベンチャー企業の各社各位に、深く感謝致します。

文献

- [1] 塩見 “発話分析から考える脳機能モデル” 感性工学研究論文集, Vol. 4, No. 1, Feb. 2004.
- [2] <http://www.siceca.org>