疲労等判定用発話音声分析装置の試作開発

- トラック運転手等による機能評価実験の実施とその結果 -

○ 塩見格一（電子航法研究所），佐藤 清，澤 貢，水上直樹（鉄道総合技術研究所），
堀口明伯（いすゞ自動車），杉浦康司（いすゞ中央研究所），海津成男（セブラルダイナミックス）

Research and Development of Voice Analyzer for Fatigue Prediction

- Method and Results of Experiments for Functional Evaluation of the Voice Analyzer, carried out with Track Drivers -

Kakuichi Shiomi (ENRI), Kiyoshi Sato, Mitsugu Sawa, Naoki Mizukami (RTRI),
Akinori Horiguchi (ISUZU MOTOR Ltd.), Koji Sugiura (ISUZU Advanced Engineering Center, Ltd.)
Shigeo Kaizu (Cerebral Dynamics Co.)

1. はじめに

道路交通等における安全性の向上を目的として，運転手の居眠りを検出して警告する装置の開発は，我が国においては凡そ全ての自動車会社で行われており，遥かに多くの関連会社等においても長年行われてきた。その結果，現状では，カメラや圧力センサ等を利用した居眠り検出装置が実現されている。しかしながら，この様な装置では居眠りを検出することは可能であっても，その後で運転手の居眠りや疲労を解消することが可能な訳ではなく，確実に安全性の向上が実現される運用方式等が明確に示されている訳ではない。

居眠りを検出するのではなく，居眠りを起こす可能性の上昇が検出可能であれば，あるいは疲労状態や過労状態に至ったことが検出されるのではなく，疲労が蓄積されていく様子や漫然運転により緊張感が失われる様子が観測可能であれば，居眠り等の危険な状態が発生する以前に，例えば「居眠りをする可能性が上昇しています。早めに休憩を取って下さい！」と言った警告を発することが可能であって，“予防”の本来の意味に合った予防安全装置を実現することが可能となる。

我々が現在実用化を目指して開発を進めている発話音声分析装置は，実に，本来の意味での予防安全装置，更には最上流の予防安全装置の実現を目的としたものである。

2. 発話音声分析手法

我々が発話者の心身状態の評価に利用している発話音声分析手法はカオス理論を利用したものであり，発話者の大脳新皮質の活性度が高いと考えられる状況において，発話音声から構成されるストレンジ・アトラクタから算出される最大リアプノフ指数値が，活性度が低いと考えられる状況において算出される最大リアプノフ指数値よりも比較的に大きい，と言う発見と，その後の実験的に得られたこの発見を肯定する事実により，その基本的な原理をおいている。

もっとも，今日一般的に信認を得ている決定論的なカオス理論は，生成される時系列信号はカオス性を有するものであっても，その信号を生成するシステムは不変なものである事が想定されており，即ち時系列信号の生成するストレンジ・アトラクタの見た目は何時も似ている事が想定されており，その枠組みにおいては一般的な発話音声から生成されるストレンジ・アトラクタを評価することはできない。従って，我々は，最大リアプノフ指数を算出するアルゴリズムを変更して，時間局所的なカオス性を評価する指標値（筆者等は，その実験的な性質から脳活性度指数と呼んでいるが，時間局所的な最大リアプノフ指数と言うこともできると考えている。）を定義し，これによりその都度の発話音声の評価している。¹⁾

図1は，健常時の/a/, /i/, /u/, /e/, /o/の各母音の生成するストレンジ・アトラクタであって，

図1 日本語の母音から生成されるストレンジ・アトラクタ

右端は全ての発話音声により形式的に生成したアトラクタである。/a/, /u/, /o/のアトラクタには、擬似軌道に“ゆらぎ”を明確に見る事が可能であるが、疲労困憊した様な状態においてはこの“ゆらぎ”の程度が小さくなる様子が観測される。

図2は、/o/音のストレンジ・アトラクタに見られた差異を示す。

脳活性度が高い場合 脳活性度が低い場合

図2 脳活性度の差異とアトラクタの差異

3. 実験と結果、及び考察

小型トラックにより図3に示すテストコースを利用した疲労計測実験を実施した。

被験者運転手は観測室前から出発し、①②③④の順番でコースを5周し、観測室前でフリック周波数計測等を行い、次に③④①②の順で5周して10分休憩する事を1試行として、これを午前中に5回繰り返し、約1時間の昼食の後、同様に5試行を行った。なお、午後の3回目の試行においては被験者の疲労が強かったため後半を休憩としている。被験者には、午前中は水分の補給のみで、時速40kmの一定速度での走行と、①～④の位置での「○番通過速度よし!」の発話をお願いした。

図4は、20人の被験者により得られた上記発話による音声から算出された脳活性度指数値の毎周回の平均値の時間的な変化を示している。必ずしも全ての被験者が同様な変化パターンを示した訳ではないが、午前中における経時的な指数値

の低下等、多くの被験者に共通な傾向は良く示されている。昼食直後の回復と、その後の強い眠気によると思われるレベルの低下も同様である。

5. まとめ

1998年の発話音声のカオス性と疲労度との関係の発見以来、リアルタイムな用途に適用可能な発話音声分析装置の研究開発を進めてきた。

現在、車載可能な規模の装置の試作を完了しており、この装置では、5秒間の発話音声を5秒程度で処理する事が可能となっている。

参考文献

1) 塩見格一:「発話音声から考える脳機能モデル」, 感性工学, Vol.4, No.1, 3-12, 2004.

図3 土木研究所 苫小牧寒地試験道路

脳活性度指数 (CEM)

図4 20人の被験者の発話音声から算出された脳活性度指数値の平均値の経時的な変化