

平成 19 年 6 月 11 日  
第7回 電子航法研究所 研究発表会

## 車載型発話音声分析装置の試作評価

塩見 格一, 瀬之口 敦

## 研究の目的

---

1) 発話者の心身状態を評価する発話音声分析技術を確立する。

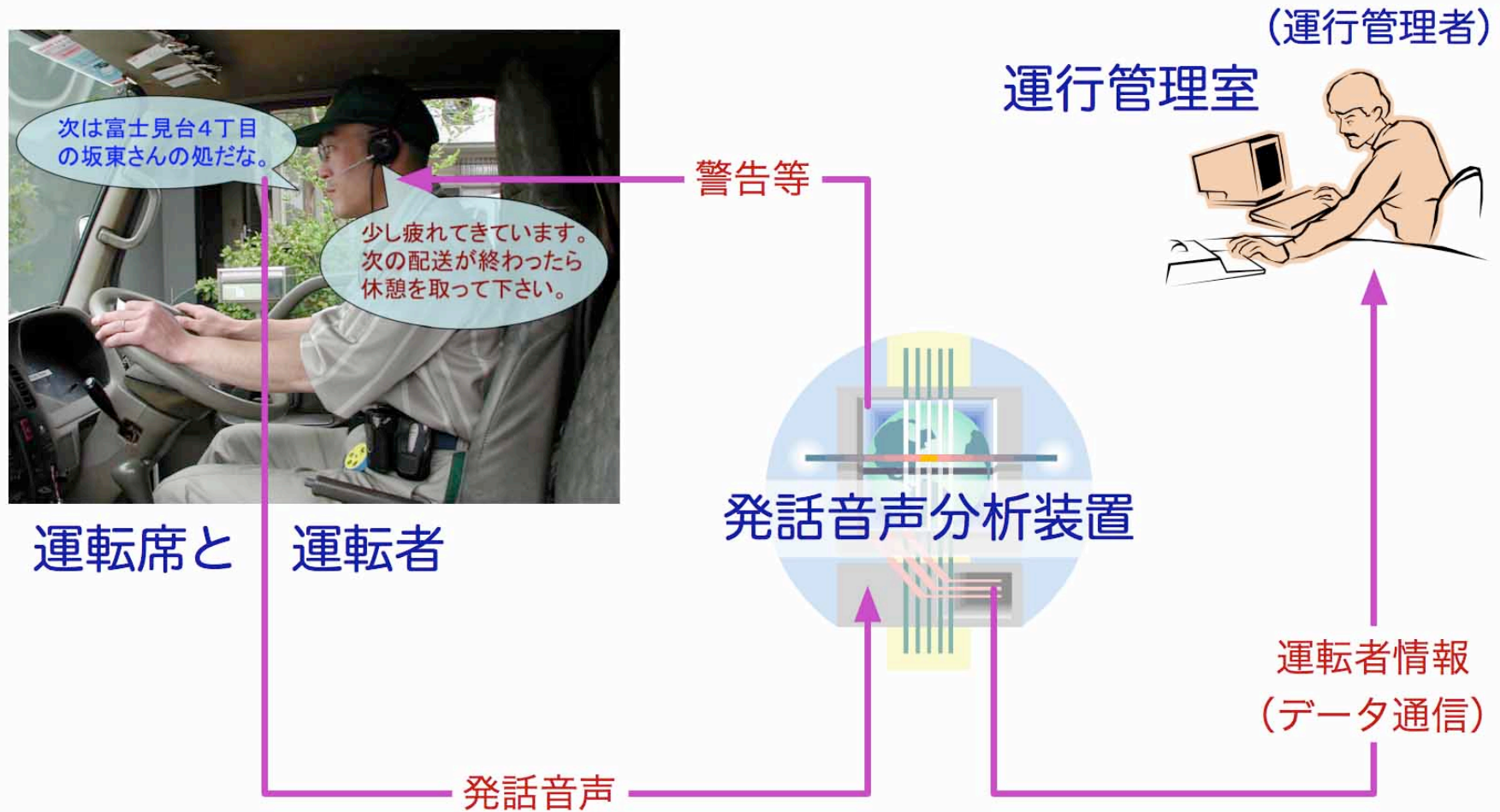
→ 過労や極度の緊張等を検出しヒューマン・エラーを防止する。

具体的には,

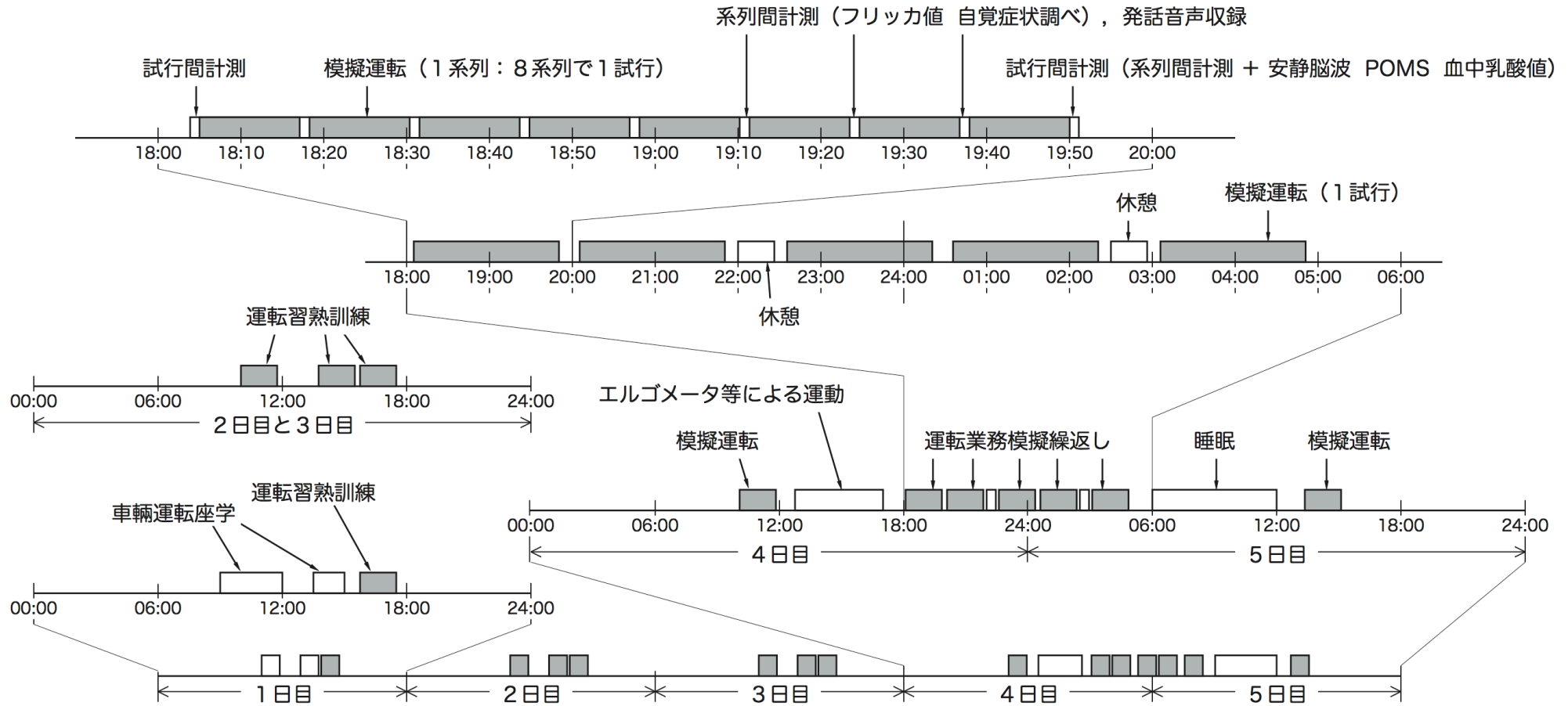
2) バスやトラック, 鉄道車輛等の運転手, 航空機のパイロットのパフォーマンスをリアルタイムに監視できるようにして, 公共交通システムの安全性の向上に貢献する。

3) 発話音声と人間の脳機能との関係を研究する。

# 実現を目指した発話音声分析装置

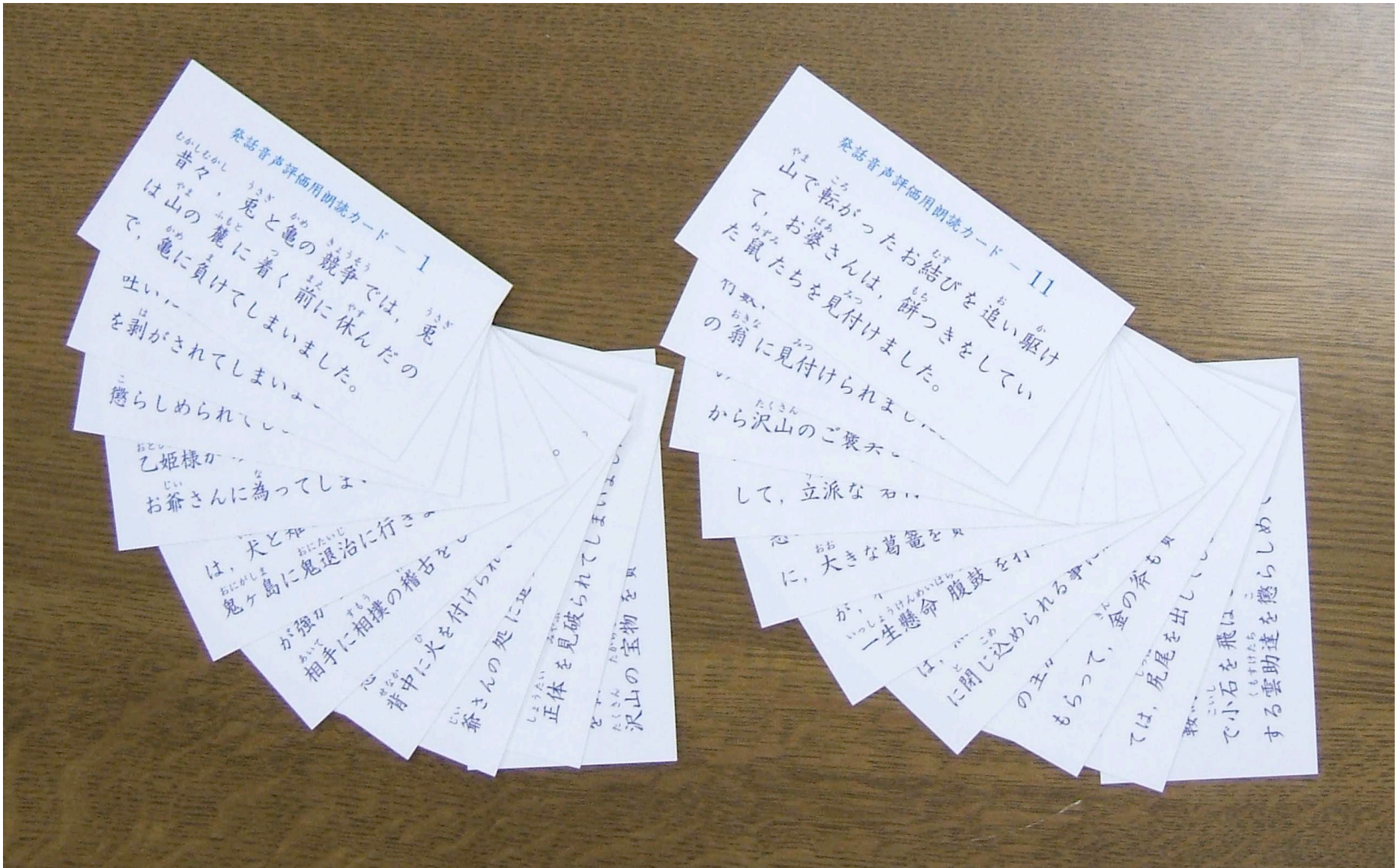


# シミュレータによる疲労評価実験





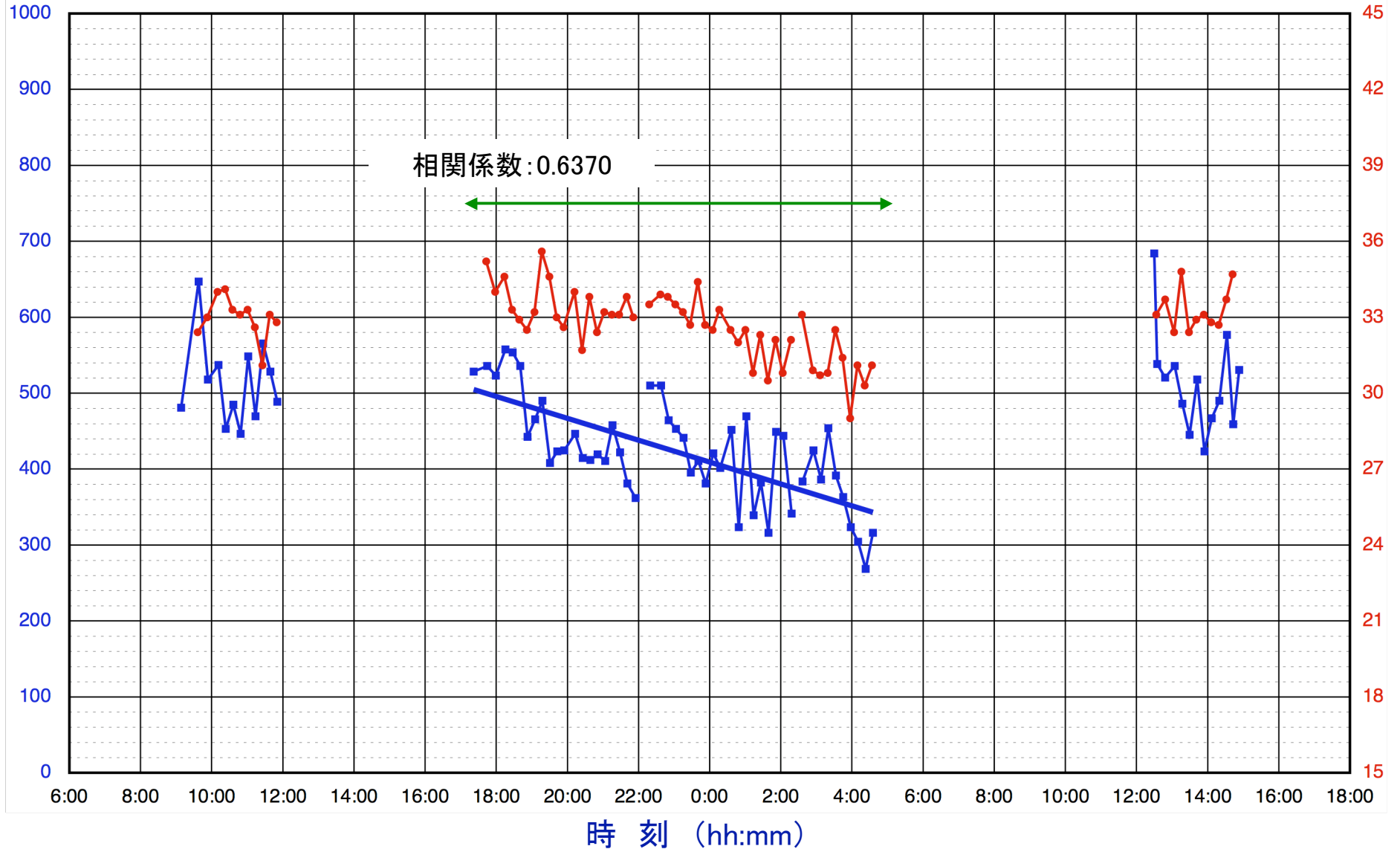
# 朗読カード



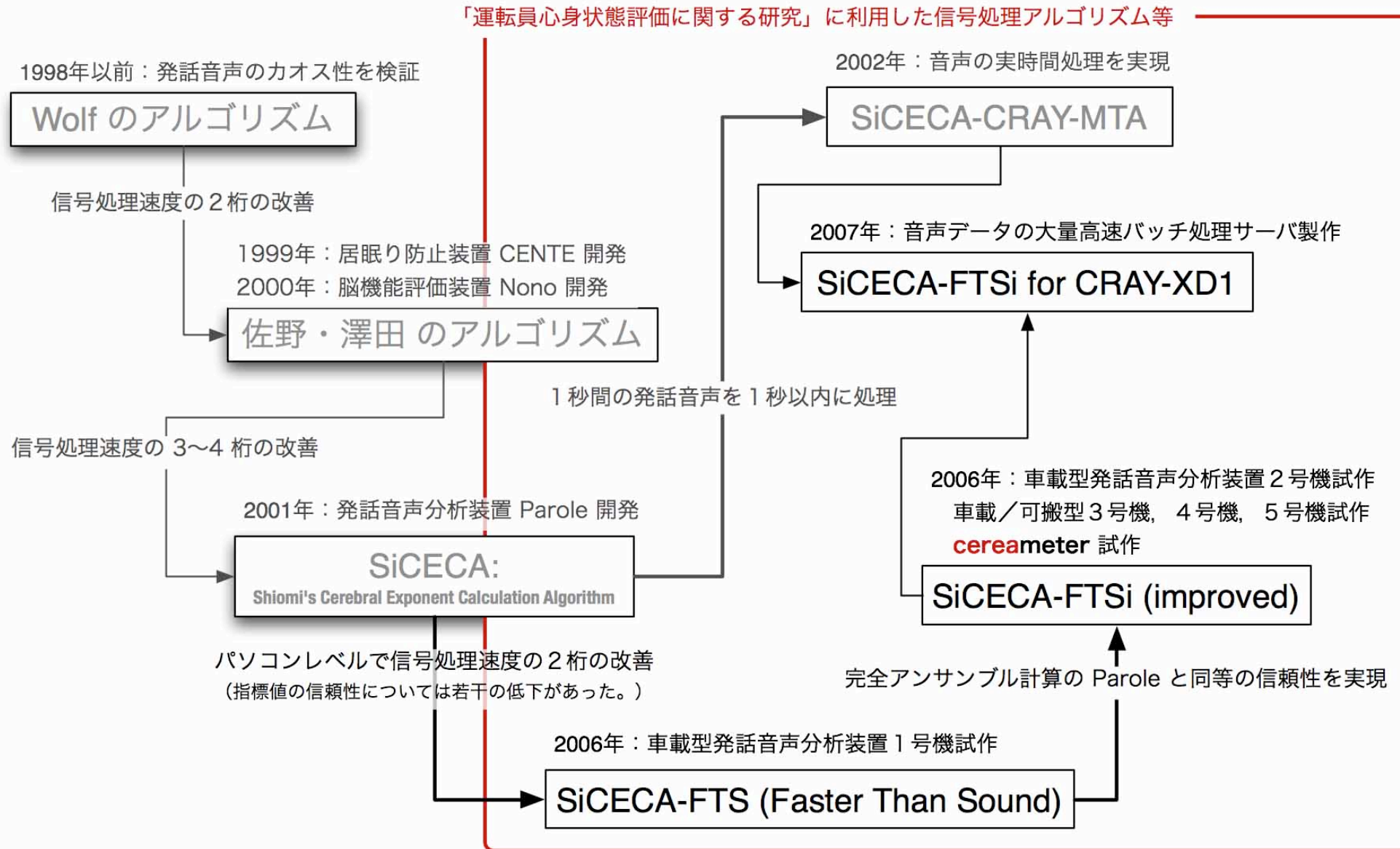
# 実験結果例：朗読音声の経時的な変化

脳活性化指数

フリッカ周波数



# 信号処理アルゴリズムの開発の推移





# 発話音声分析装置の試作開発の経緯

2002年：CRAY MTA-2 によるシステム



大きさは1/100

2004年：FPGA を利用した  
CRAY XD1 によるシステム



2006年：Windows PC 2台を利用して車載用に開発した装置  
CAIn-1: CPU は Intel Pentium-4 3.4GHz Dual Threads



2006年6～7月に苫小牧で実施したトラック  
を利用した実車試験のデータ処理に使用した。

ここまでの開発の一部を「運転員心身状態評価に関する研究」において実施

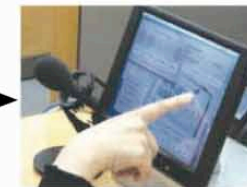
2006年3月までの音声信号処理には、主に上記 MTA-2 システムと XD1 システムを利用し、併せて少量のデータ処理にはパソコン版の Parole (メディカル・パレット社) を利用した。

2006年：SiCECA-FTS アルゴリズムを実装した車載型装置  
CAIn-2: CPU は Intel Core Duo 2.0GHz



SiCECA-FTSi アルゴリズムを実装して更なる小型化を実現した。

CAIn-3



CAIn-4



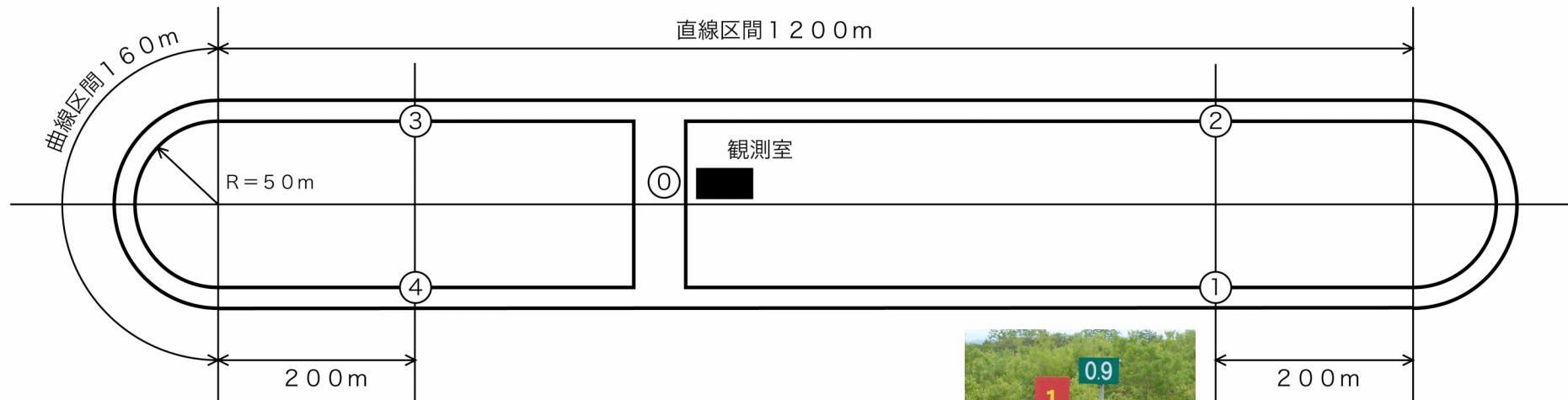
2006年7月以降、右のパソコンベースの装置により、従来収集したデータの再処理を行っており、同等以上の信頼性が実現されている事の検証を進めている。

# トラック運転者の疲労状態評価実験の概要



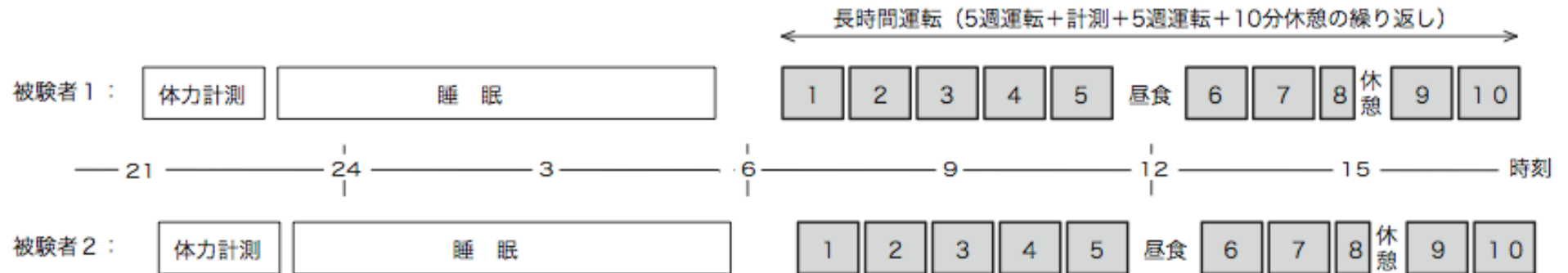
声で“疲労度”が...  
新システム実験中

# 実車テストコース



寒地土木研究所 苫小牧寒地試験道路

## 疲労状態評価実験タイムテーブル



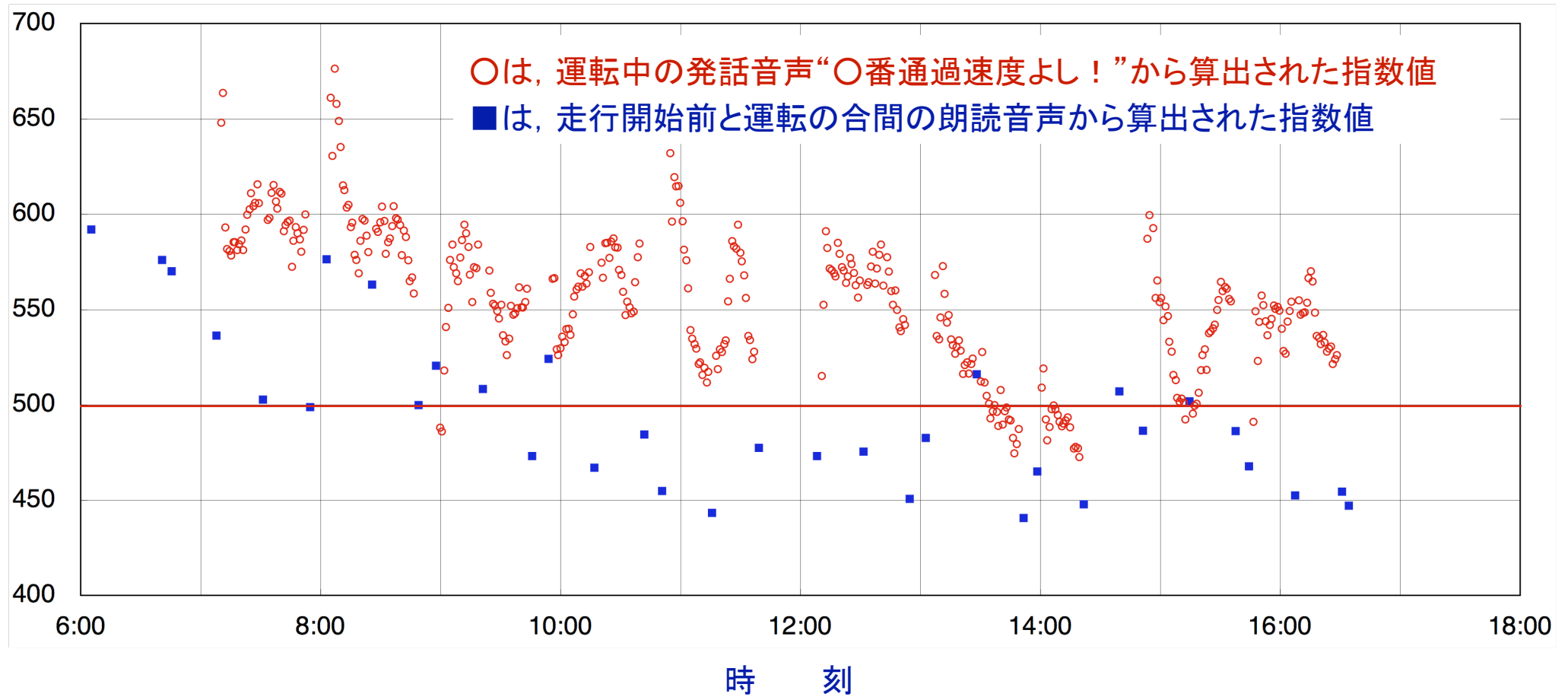
### [計測内容]

- 1) 停車中：フリッカ周波数，朗読音声，自覚症状，血糖値
- 2) 運転中：心拍，標識換呼音声，作業状況のビデオ撮影



# 実験結果 一1 (男性39歳, 164cm, 64kg)

脳活性度指数値／CEM (Cerebral Exponent Macro)





## 実験結果から

---

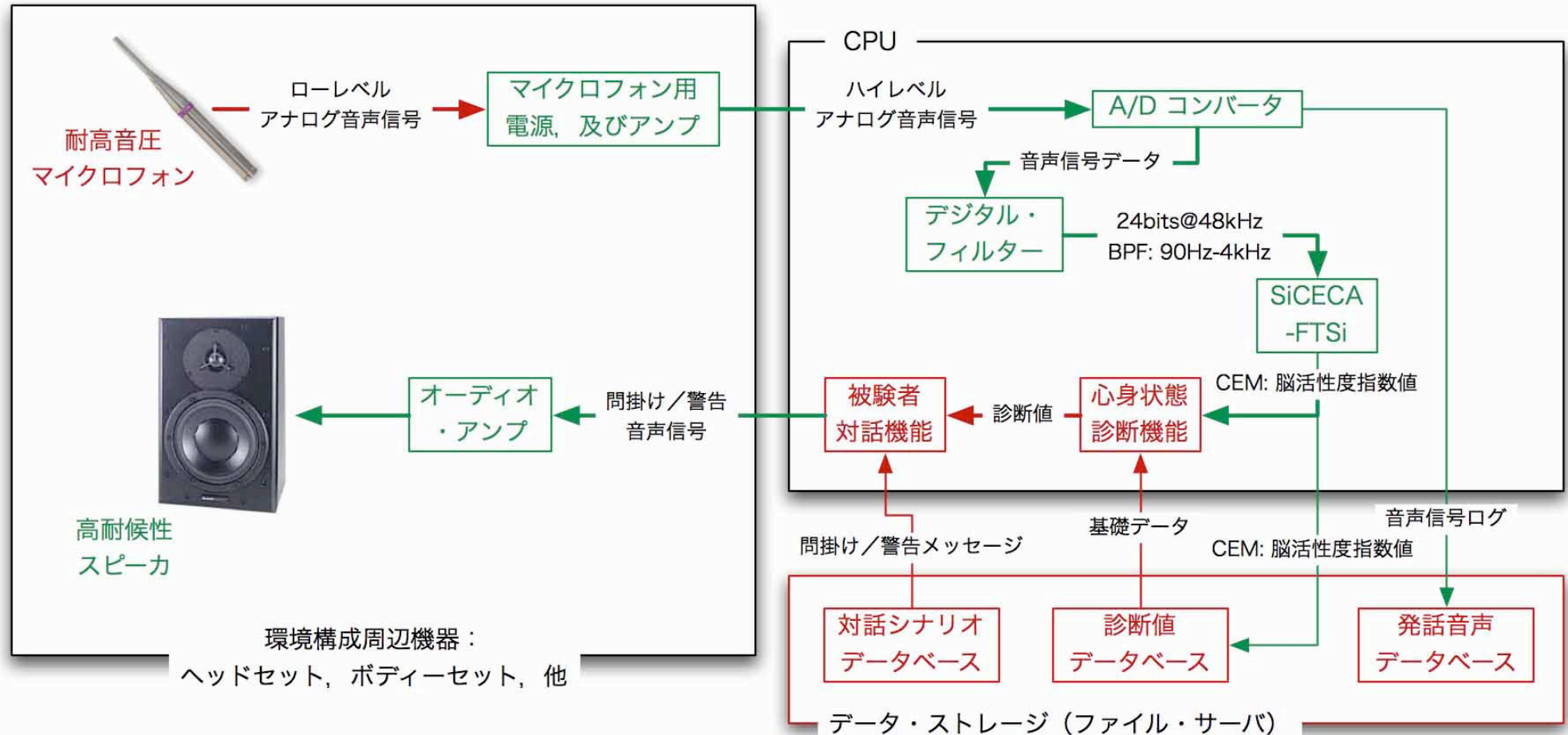
1) 発話音声から大脳新皮質の活性度が評価可能と考えられる。

発話音声を経常的に観測する事で、

2)トラック等の運転手が居眠りをする可能性の増大を検出し、警告することが可能であり、

3)居眠り事故の予防装置が実現可能と期待される。

# 発話音声分析装置のシステム・チャート



緑色の構成要素は、既に運用等評価試験に十分に対応可能な完成度を実現したと考えられるもの。  
赤色の構成要素は、今後の改善や機能向上が更に必要と考えられるもの。

# 当初に想定した成果と実現した成果

- (1) 車載型発話音声分析装置に対する要求仕様 [実現した成果]
1. 乗用車及びトラックの運転席環境に対応し,  
→ ヘッドセット・マイクロフォンにより対応可能
  2. 発話から分析結果の提示までを3分程度とし,  
→ 5秒の発話を5秒程度で分析
  3. 20kg以下の重量と200W以下の消費電力とする。  
→ 10kg以下の重量と100W程度の消費電力
- (2) 発話音声分析機能の検証
1. どのような心身状態が判定可能か？  
→ 過労や漫然状態における覚醒度の低下が検出可能
  2. どの程度の信頼性が実現可能か？  
→ 軽度の疲労判定には他の指標値が必要
  3. 運用形態に対する制限は？  
→ 定期的な発話と、十分な音声品位が必要  
→ 始業点呼等の音声により慢性的な疲労の判定も可能と考えられ、運転者の自己管理に利用可能

# 車載型発話音声分析装置表示部

運転席から見易い様に配置したタッチパネル付きディスプレイ



運転席前方からの概観



車載型発話音声分析装置は、定期的に（例えば、15分に1回）運転者に発話を促します（例えば、“視界は良好ですか？”）。運転者の応答（“視界は良好です。”）を分析して、その時点での疲労度や覚醒度、緊張度を評価します。

## 疲労等の判定表示例

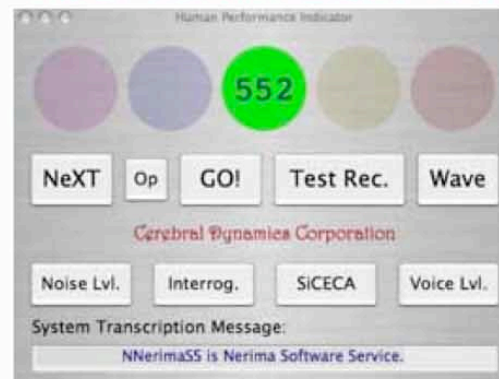
眠気が推定される場合：

“意識を集中する事が困難になっています。休憩を取って下さい。”



健全な状態と推定される場合：

“疲労や過度の緊張感は検出されませんでした。気を付けて運転して下さい。”



疲労の増大が推定される場合：

“疲れて来ている可能性があります。休憩は早い目にとって下さい。”

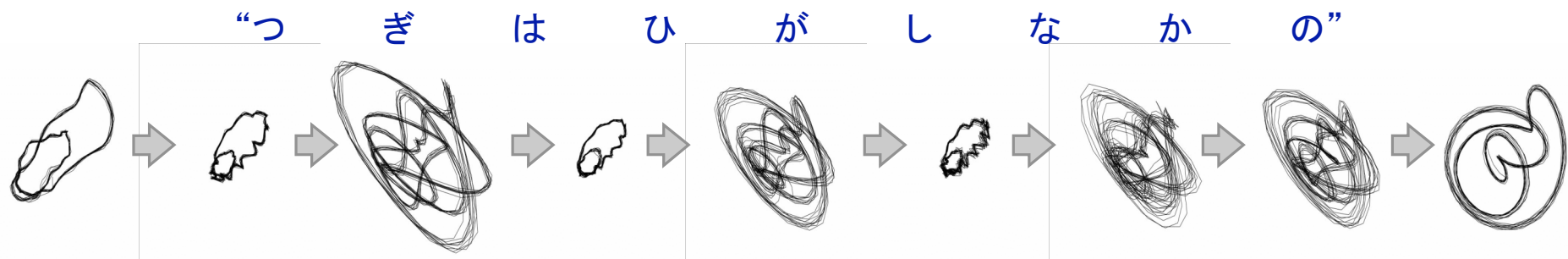




## 決定論的カオス理論 + $\alpha$

ストレンジアトラクタが安定なものであれば、準軌道の揺らぎ(或は擾乱)の程度を評価して、発話者の緊張度を定量化することができる。また、ストレンジアトラクタの最大リアプノフ指数を計算して揺らぎの度合いが評価できる。しかし、発話音声のストレンジアトラクタは安定ではないので、従って、今日認知を得ている「決定論的カオス理論」によっては評価はできない。

そこで、複雑に変化する発話器官のダイナミクスに対応して、時間局所的なカオス性を評価する手法を構築し、発話音声のその都度のカオス性を評価可能とした。



2007年5月時点では、最高性能のパソコンにより、48.0kHz 24bits でサンプルした5秒間の音声を、5～10秒で処理可能としている。

## 疲労状態評価実験の方法

---

1) 操縦シミュレータにより鉄道車輛運転業務模擬を繰り返す。

→ 約10分間の運転業務(1系列)を繰り返し行わせる。

→ 系列の間にフリッカテストを行い、発話音声を収録する。

→ 8系列おきに、安静脳波、血中乳酸値等を計測する。

2) 疲労状態に陥り易くするために運動性負荷を課す。

→ エルゴメータによる最大心拍数の75～80%で30分間の運動

→ 20kg程度の加重を背負い30分間の階段歩行を行う。

## 運動性負荷内容



エルゴメータ

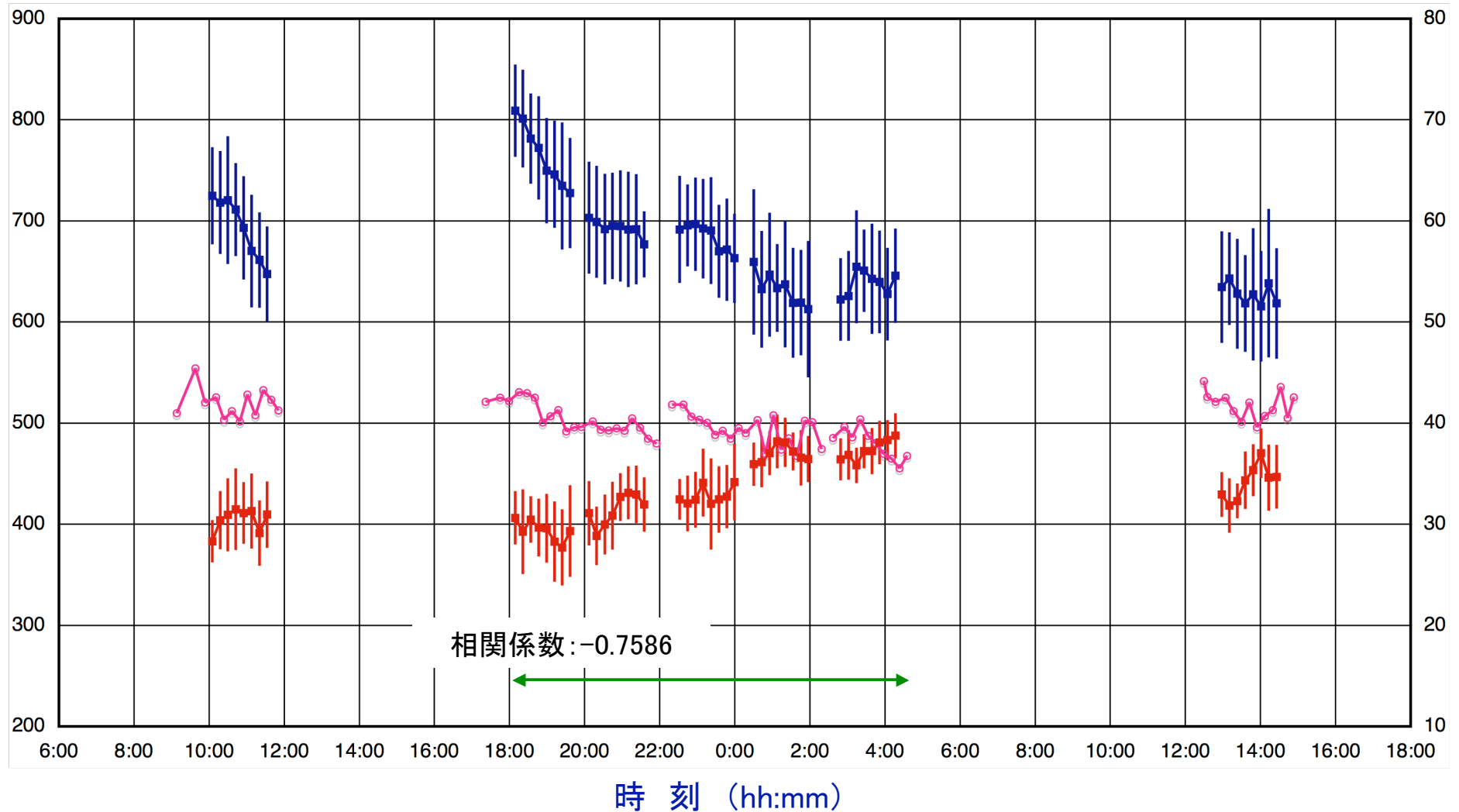


階段歩行

# シミュレータによる実験結果

脳活性化指数

平均脈拍数





## 実験結果から

---

1) 発話音声から大脳新皮質の活性度が評価可能と考えられる。

発話音声を経常的に観測する事で、

2)トラック等の運転手が居眠りをする可能性の増大を検出し、警告することが可能であり、

3)居眠り事故の予防装置が実現可能と期待される。