

音声のカオス論的指数値の 特性と応用可能性

監視通信領域

○佐藤清、及川太、及川健太郎、塩見格一

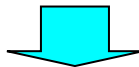
研究の動機

- ・2002年8月 : 在来線で貨物列車が逆走(広島駅)
 - ・2003年3月 : 新幹線で停止位置不良(岡山駅)
- 居眠り

指差喚呼確認の**音声**を用いた心身状態モニタリング？

音声を用いた従来の人間特性評価手法

- ・周波数特性等から性別・年齢・**心身状態**等の評価 → 緊張の評価は可能
- ・発話の特徴等から出身地・年齢・生活環境等の評価
- ・聞き取りによる発音・発声技術(滑舌)の評価



電子航法研究所の**音声解析技術**を使えないか？

→ 音声を**カオス論**的に解析して得られる**指数値**

= Cerebral Exponent Macro(**CEM**)

CEMと心身状態との関係確認実験

・2004年～2008年

鉄道総合技術研究所と電子航法研究所との共同研究

長時間実験を5つ＝朗読音声と想起喚呼音声

- ・室内実験：徹夜実験(2名)、列車シミュレータ実験 I (12名)
- ・3睡眠条件での列車シミュレータ実験 II (4名)
- ・実車実験：I (20名)、II (20名)

短時間実験を5つ＝想起喚呼音声

- ・暗算実験(3条件と4条件)、DS実験(発声条件と負荷)
- ・実車実験：Ⅲ、バンク状曲線部、3速度条件(12名)

現場調査(8名)＝想起喚呼音声

- ・列車運転士の運転情報と喚呼CEMおよび心拍数

朗読時音声と覚醒水準との関係確認実験

①被験者＝体育学系の大学生等12名

②5日間＝3日間訓練、実験2日間(1日目9:00～2日目14:00)



肉体的・精神的疲労
+ 単調作業
+ サーカディアンリズム

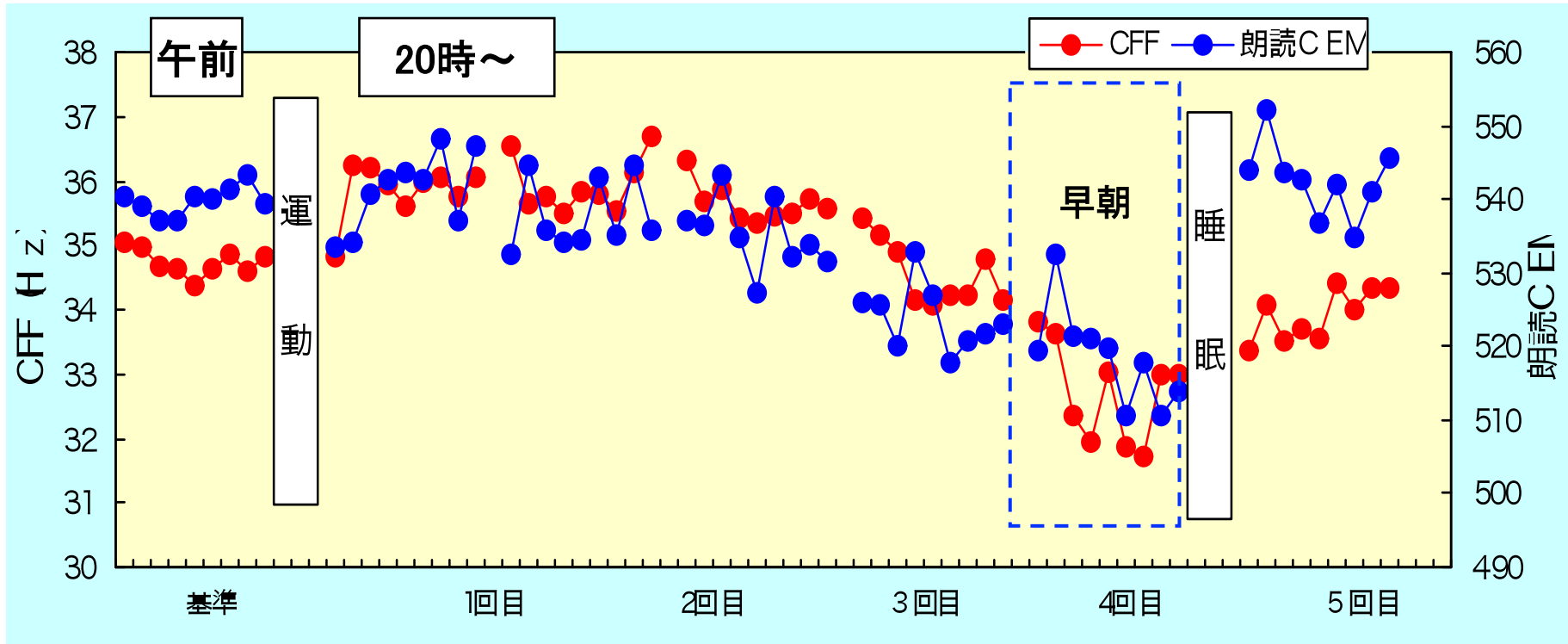


眠気のピークが早朝になるように設計



③馴染みのある昔話の朗読カード5種類を継続

実験の結果



運動後相関: フリッカー値 (0.81)、心拍数 (0.76)

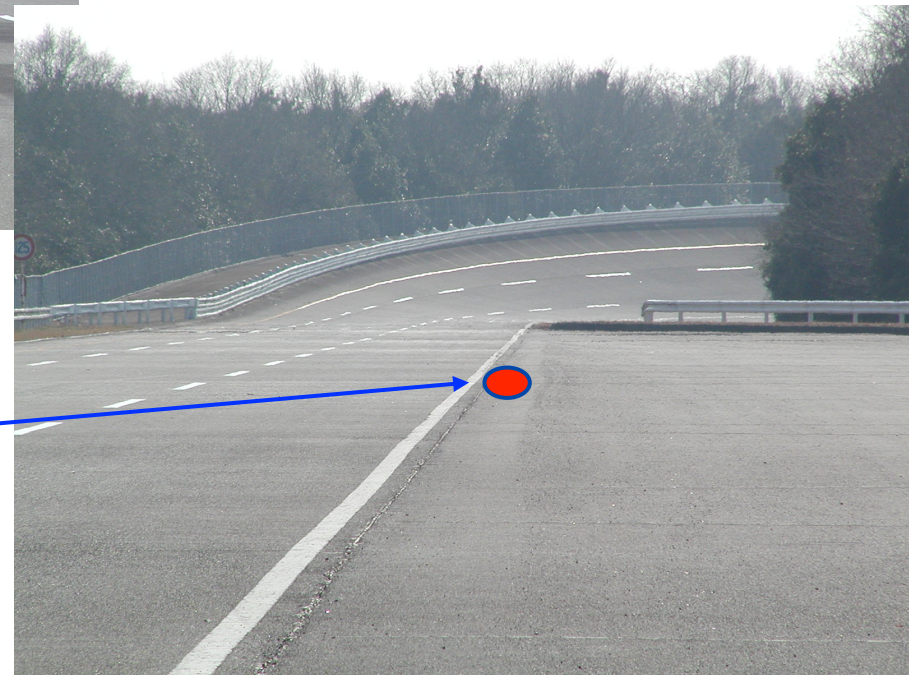
➡ 覚醒水準評価の可能性

パラメータを固定

作業時音声と覚醒水準との関係確認実験

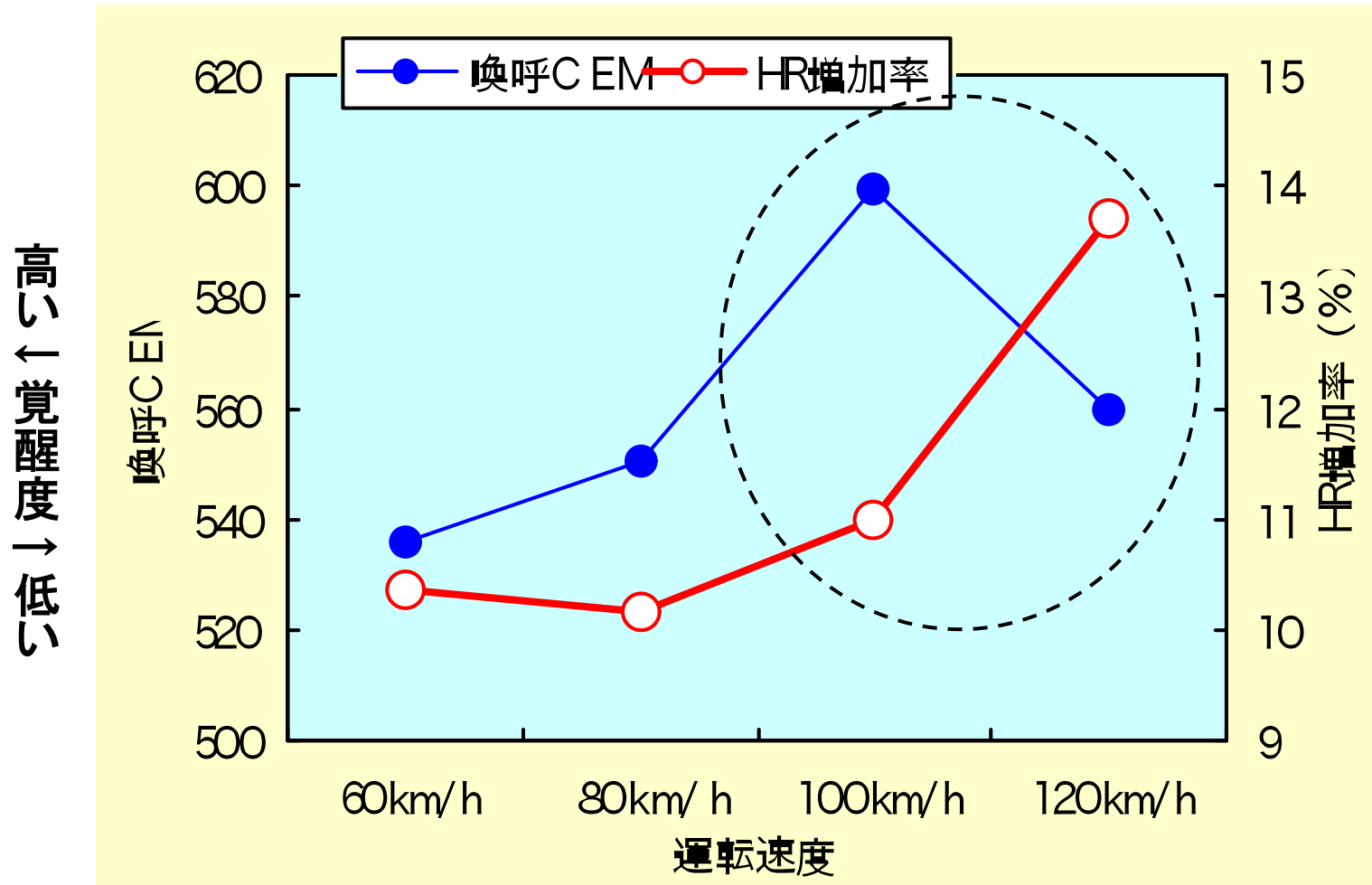


- ① 125km/hまではハンドル操作なしで走行可能なコース
- ② 速度60、80、100、120km/h
- ③ 看板位置で発声する(想起喚呼)
- ④ 運送会社のドライバー12名



看板
(4箇所)

実験の結果

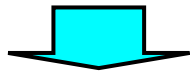


速度が高いほど心拍数は高くなり、CEMは低下に転じる可能性がある。→注意が作業に集中した結果

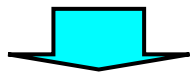
まとめ1

①朗読CEMと覚醒水準

長くて読みにくい文章であっても、かなりひどく疲労した状態であれば、覚醒水準の低下度評価への応用可能性



- (1)朗読課題を文章として読めない人がたくさん現れた
- (2)フリッカー値との相関係数が小さくなった



朗読CEMの基本的な性質を知る必要性を感じた

②作業時CEMと覚醒水準

緊張状態では、高覚醒状態であっても指数値が小さくなることから、作業時のCEM単独での評価できない。→作業負担評価は難しい



低覚醒状態



試作した朗読課題

幅広い年齢でのCEMと人間の特性との関係→ひらがな

課題	課題内容	読み方
1	1文字表示	1文字
2	5文字表示・「あいうえお」等順配列 基準	連続
3	5文字表示・「あいうえお」等順配列	1文字
4	5文字表示・「おえういあ」等逆配列 読みにくい	連続
5	5文字表示・「おえういあ」等逆配列	1文字
6	5文字表示・「はれいのく」等無作為配列	1文字
7	文章(有意味課題)	文章として
8	5文字表示・「あかさたな」等母音毎配列 テンポよく読める	連続

2008年に作成

実験の概要

実験時間: 30分以内／人

作業姿勢: 椅座位

測定項目: 脈拍、朗読音声、体調等の質問紙

対象者:

小学生高学年女子 46名

中高校生男女 226名

- ・共学校 男111名
女113名

- ・男子校 101名

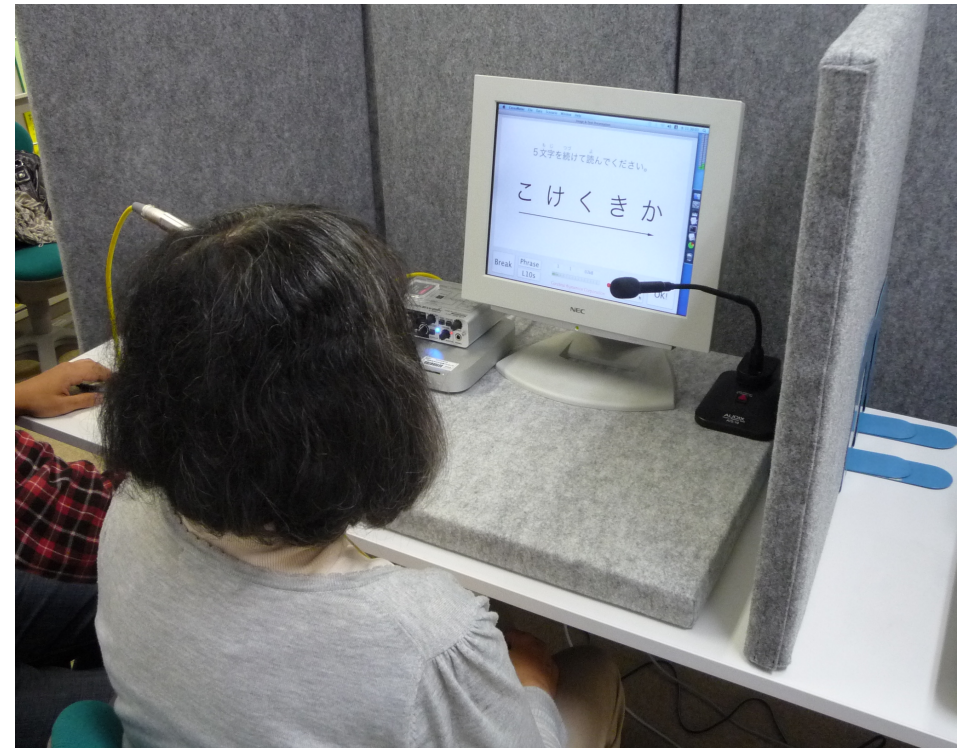
- ・女子校 122名

大学生女子 51名

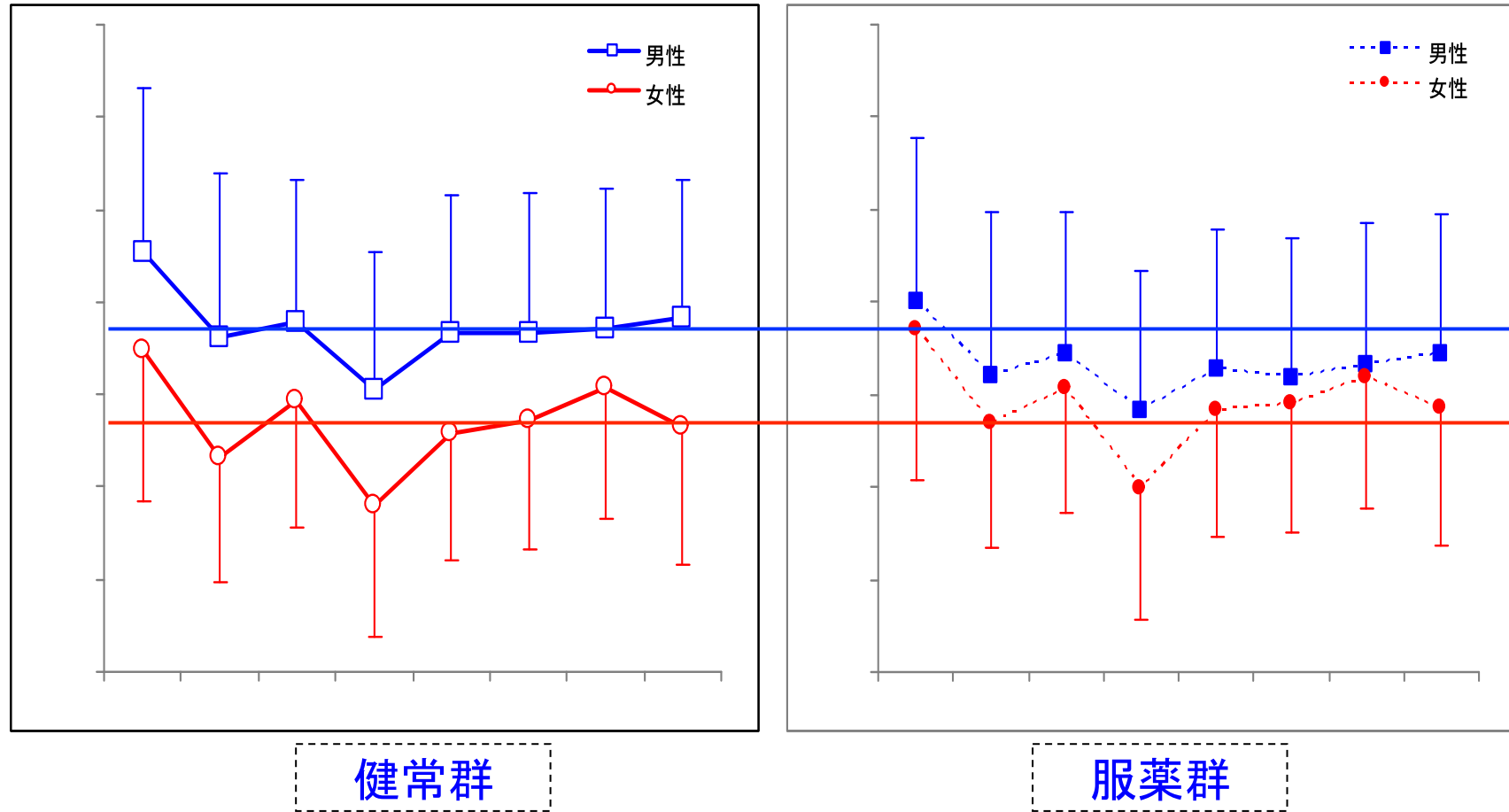
高齢者男女 235名

- ・男性 119名

- ・女性 116名

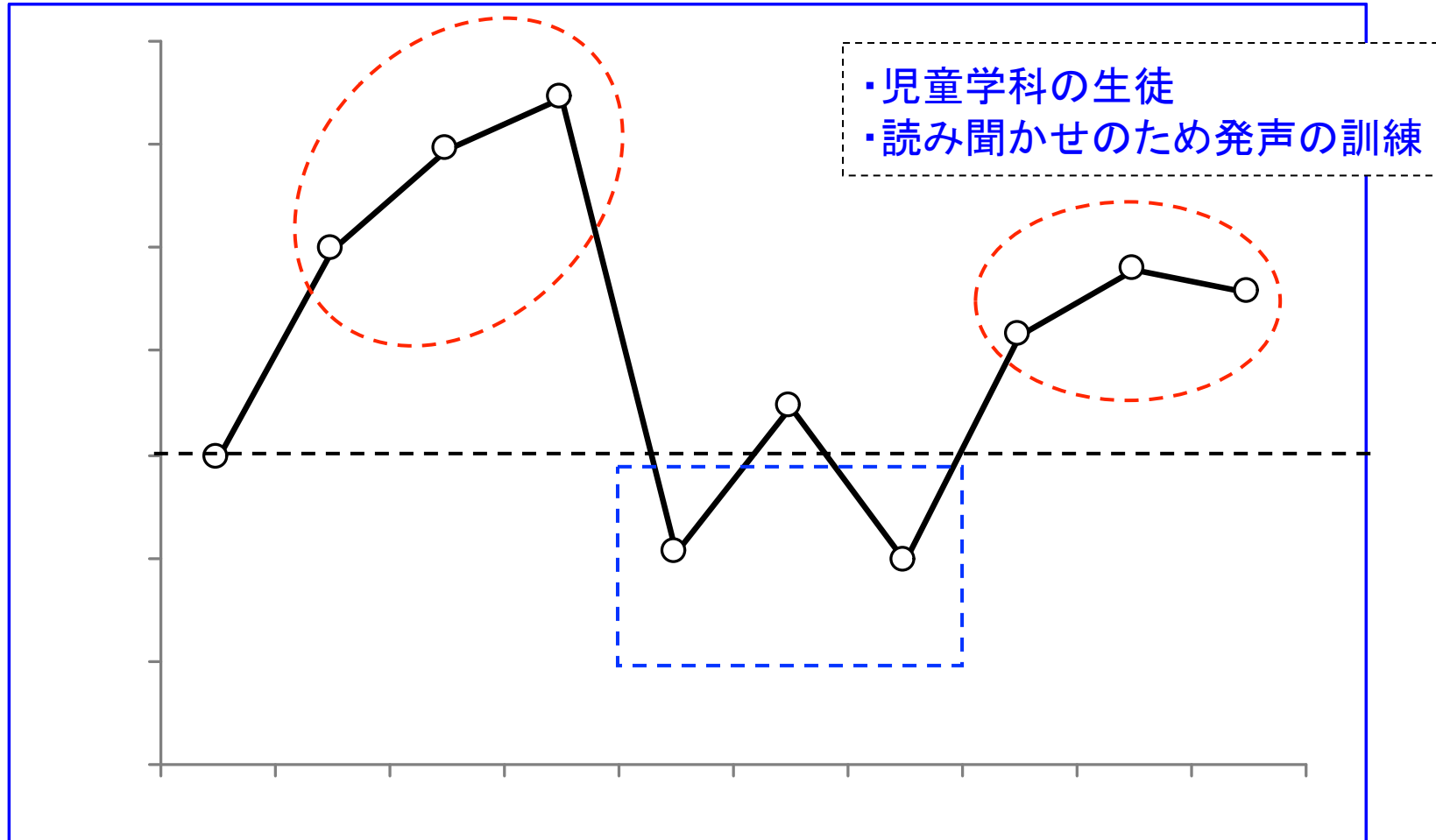


CEMに対する性と薬の影響



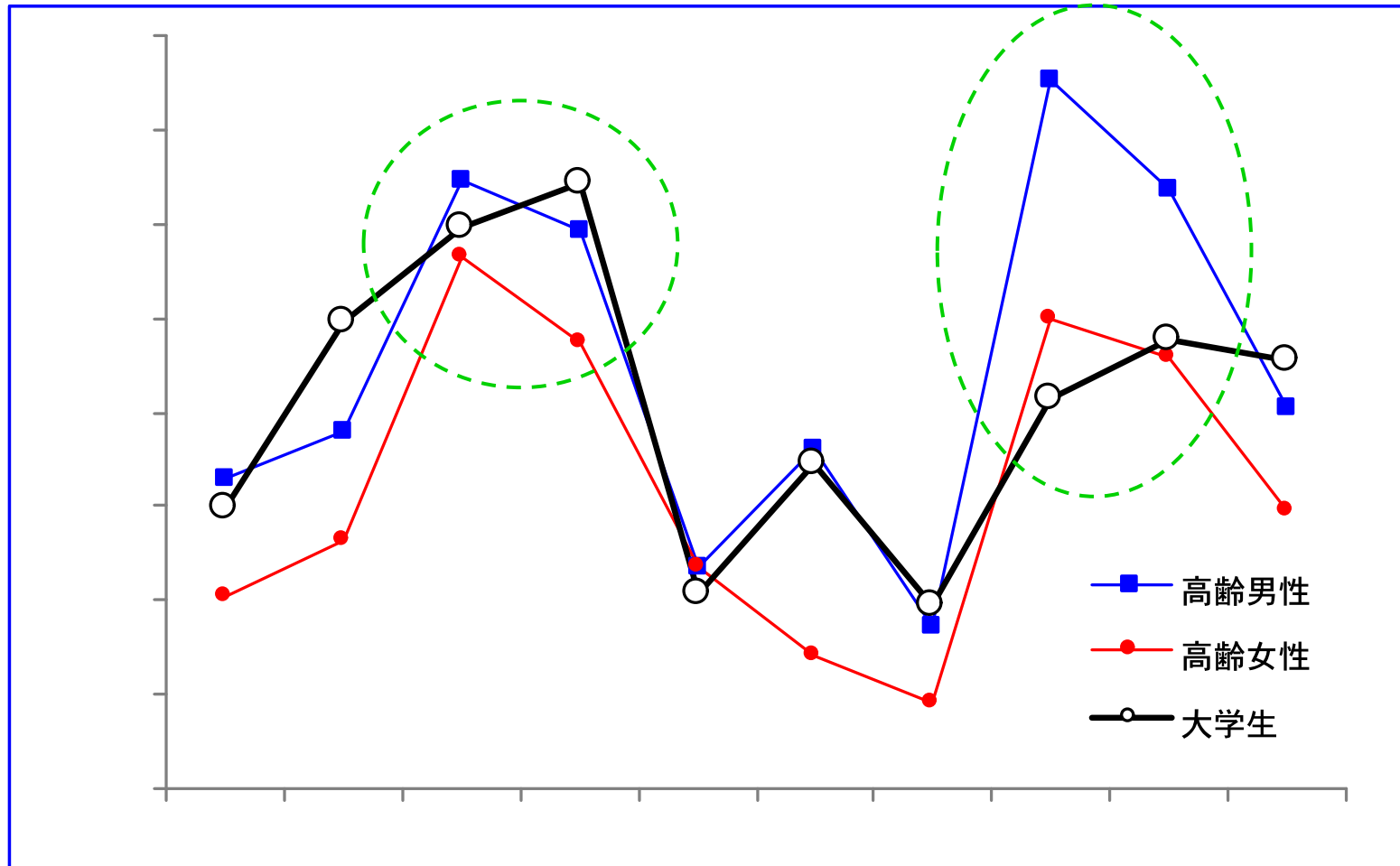
健常群では性差が大きいですが、服薬群では性差が小さくなっている。
男性(青)では低下し、女性(赤)ではやや増加しています。

子音(課題2)のCEM



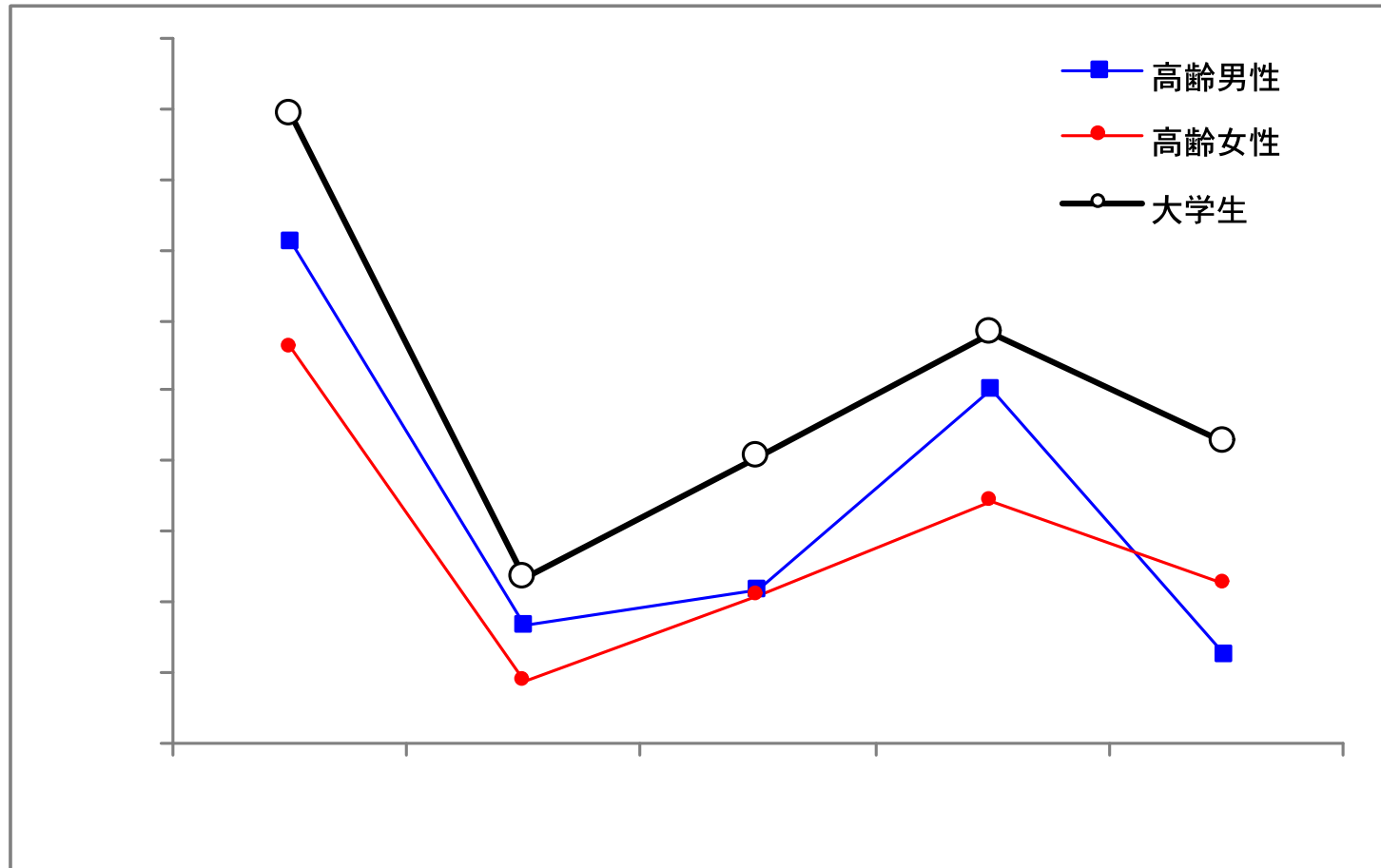
- ・舌をよく使う、唇をよく動かす子音が大きい。
- ・鼻から息を抜きながら発声する子音が小さい。

子音(課題2)のCEM



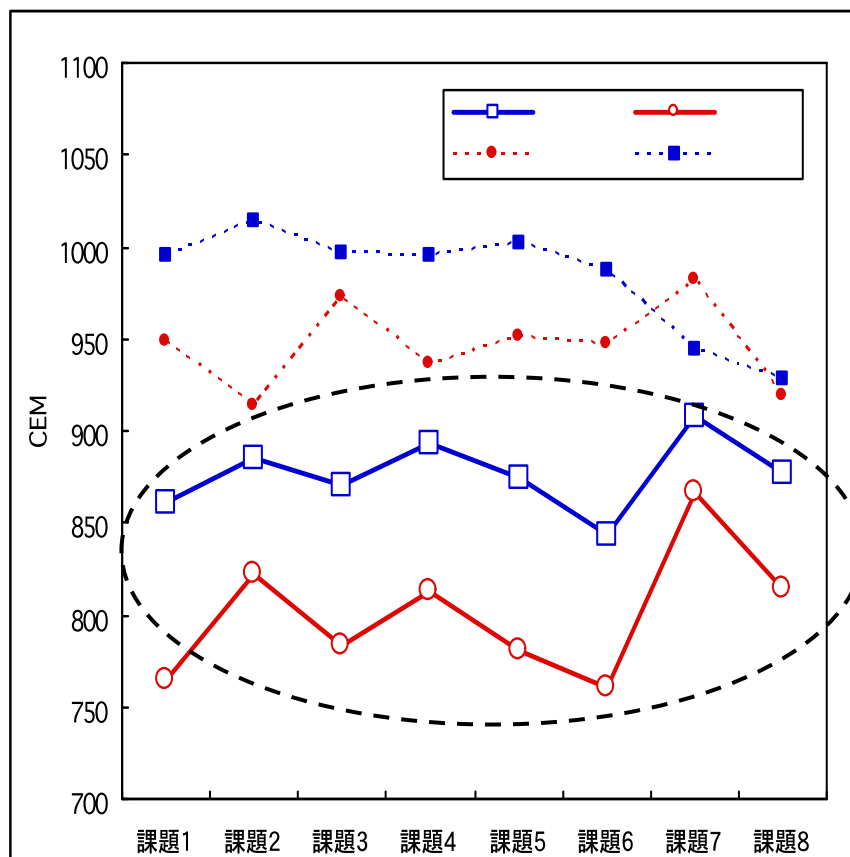
加齢による機能低下の影響か？

母音(課題8)のCEM

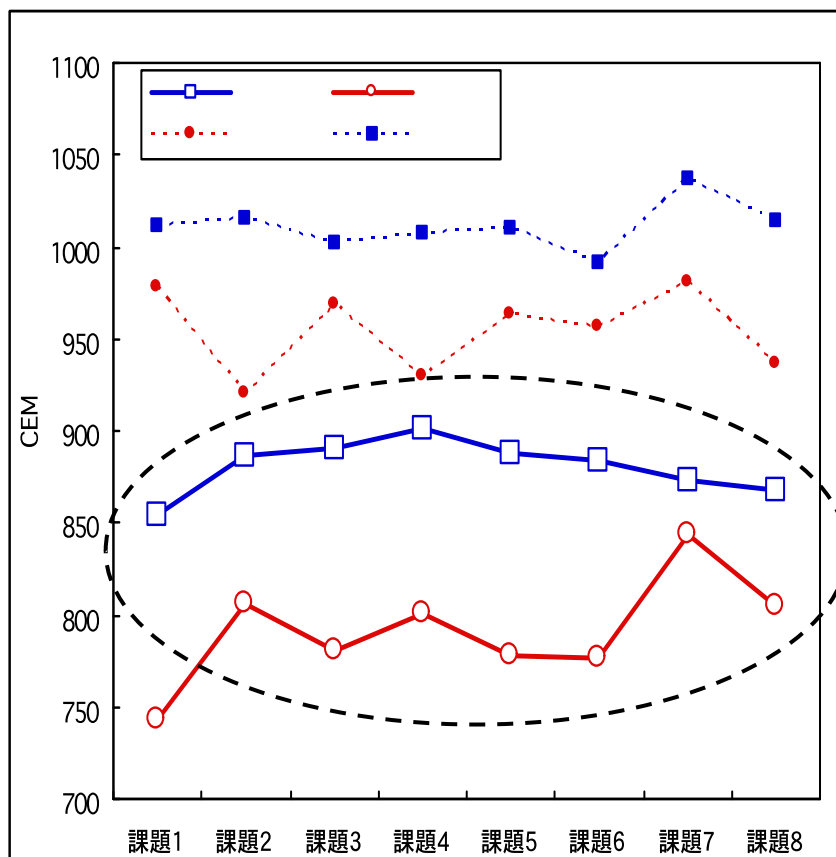


大学生と高齢女性はレベルは違うが、傾向はよく似ている。
高齢男性も傾向は似ているが「○」が小さかった。

中高一貫校(3校)の結果



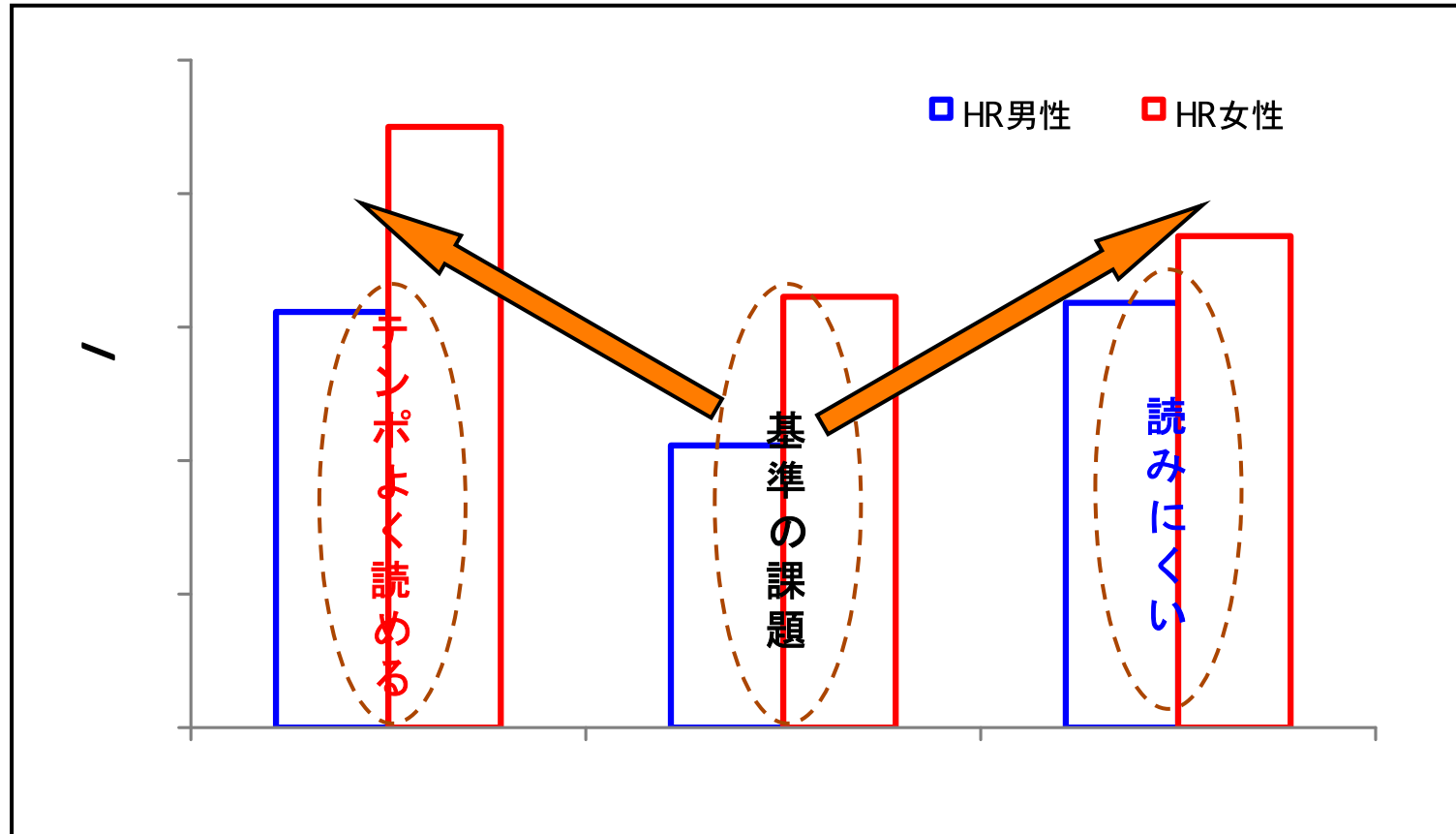
中学校



高等学校

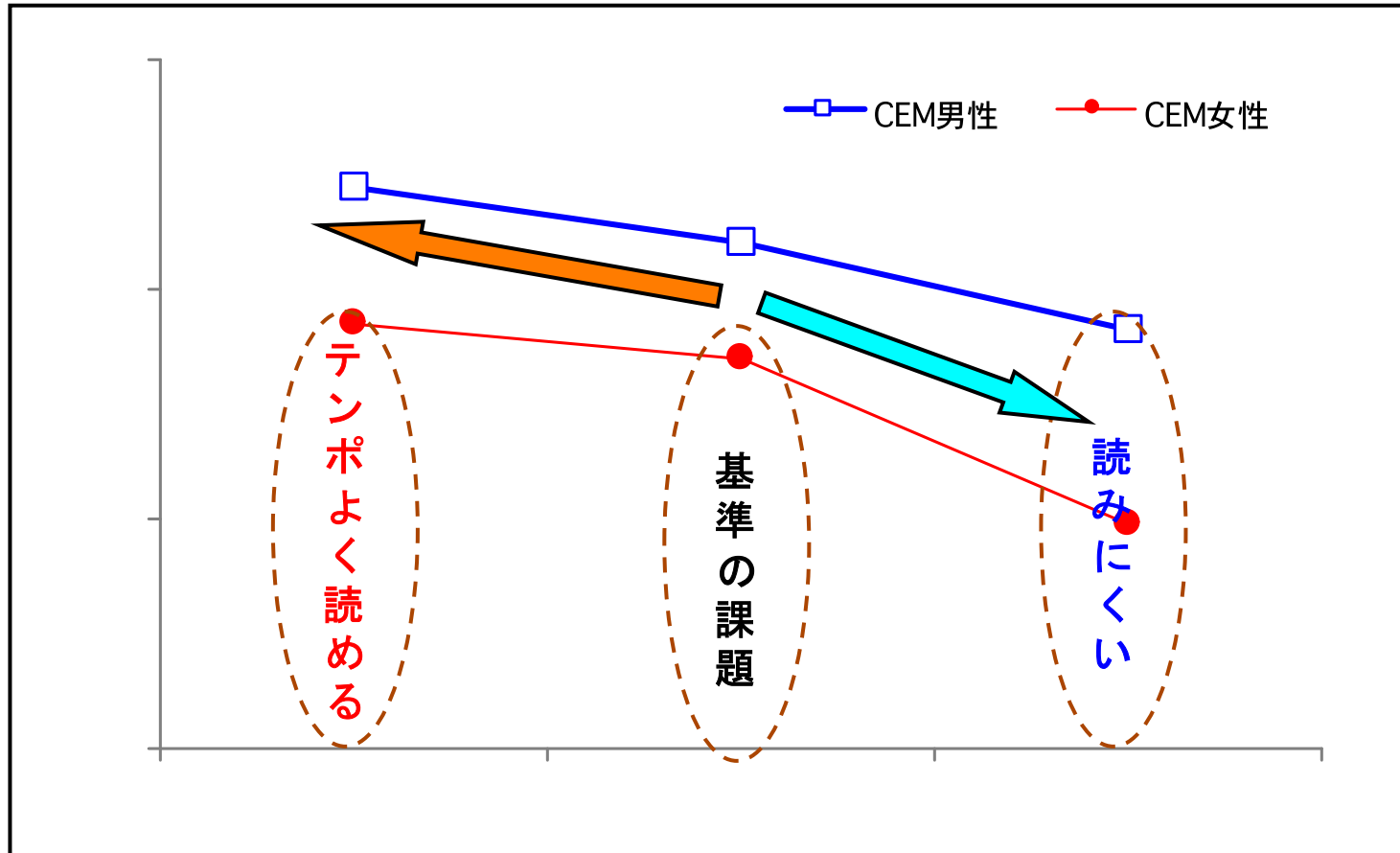
男女とも、中高とも、男子校や女子校より共学校(実線)が低くなっている。 → **生活環境の影響?**

情動と心拍数の関係



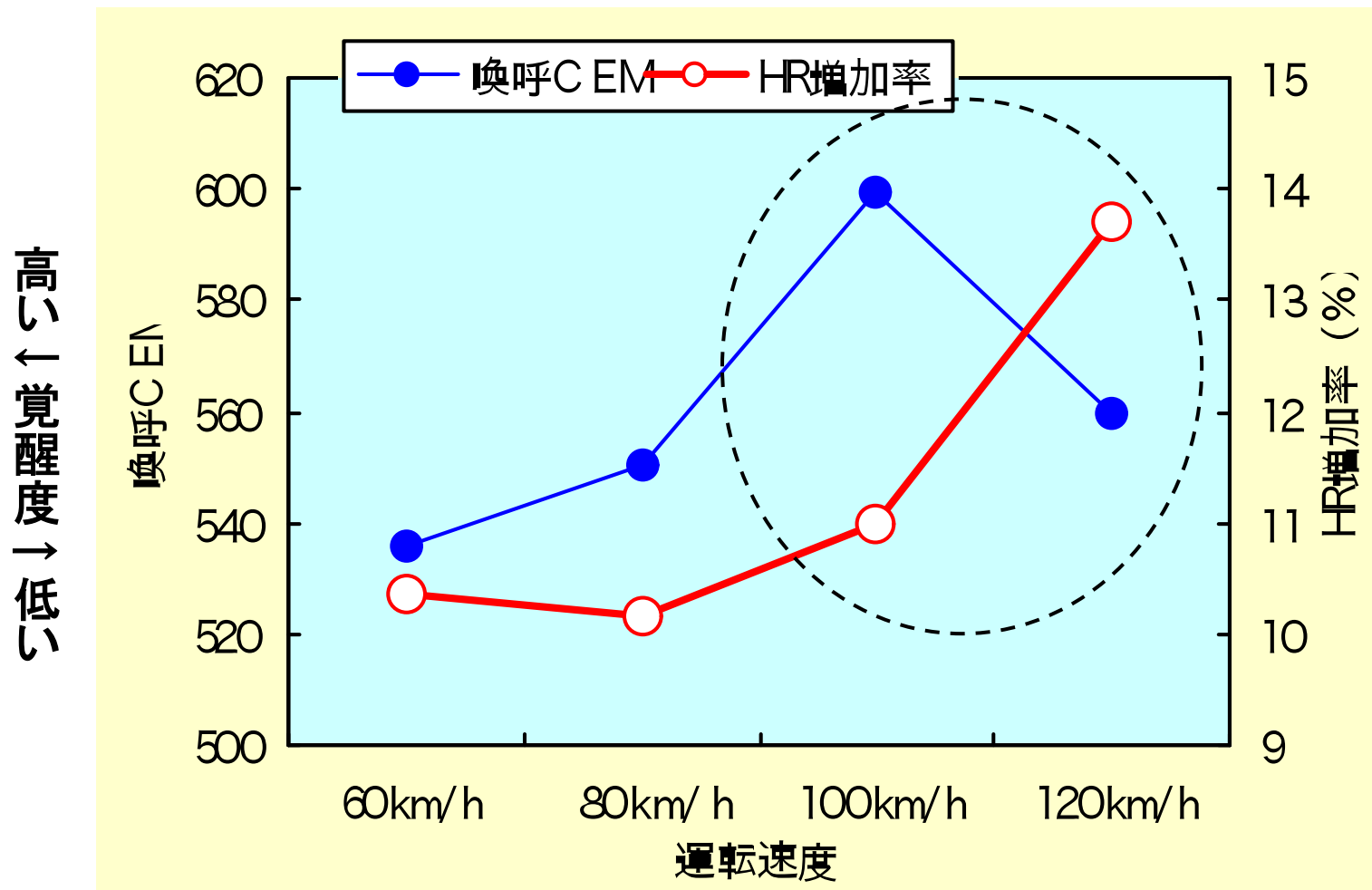
心拍数は、緊張しても楽しくて興奮しても、平常な状態よりも高まる。このときの覚醒水準は高い。

情動と朗読CEMとの関係



音声は、緊張しているときには弱く、楽しくて興奮しているときには強くなる。覚醒水準はどちらも高い。

実験の結果



まとめ2 (CEMを変化させる要因)

①母音や子音の影響

→発声技術評価

②生活環境の影響

→生活環境の評価

③薬剤服用の影響

→覚醒水準や薬の副作用(低覚醒状態)評価

④課題内容の影響

→情動反応評価
(心拍数等との総合的評価)

⑤性や年齢の影響

判定基準

評価尺度

朗読課題

朗読課題等作成の基本的考え方

①被験者が慣れ易い・・・フリッカー値測定装置(フリッカーテスター)は、数回の練習でコツをつかめる。

②被験者が読みやすい(意識せずに読める)・・・フリッカーテスターは、慣れると、測定しているという意識がなくなる。

③短時間で朗読できる・・・フリッカーテスターは、1度の測定に60秒近くかかる。

④誰でも読める・・・フリッカーテスターは、視機能異常がなければ、誰でも使える。

実験の概要

目的: 眠気に影響を及ぼしにくい課題を探す

<予備実験1>

暗算課題: 3条件(易しい、普通、難しい)

実験時間: 1条件につき10分

被験者数: 男性6名

測定項目: 質問紙(眠気)、フリッカー値、脈拍数、音声等

朗読課題: 3種類

<予備実験2>

暗算課題: 3条件(易しい、普通、難しい)

実験時間: 1条件につき10分

被験者数: 12名(男女学生各6名)

測定項目: 質問紙(眠気)、フリッカー値、脈拍数、音声等

朗読課題: 3種類

予備実験1で用いた朗読課題

①昔話(長く読みにくい)

「昔々、兎と亀の競争では、兎は山の麓に着く前に休んだので、亀に負けてしまいました。」などの文章を読む。

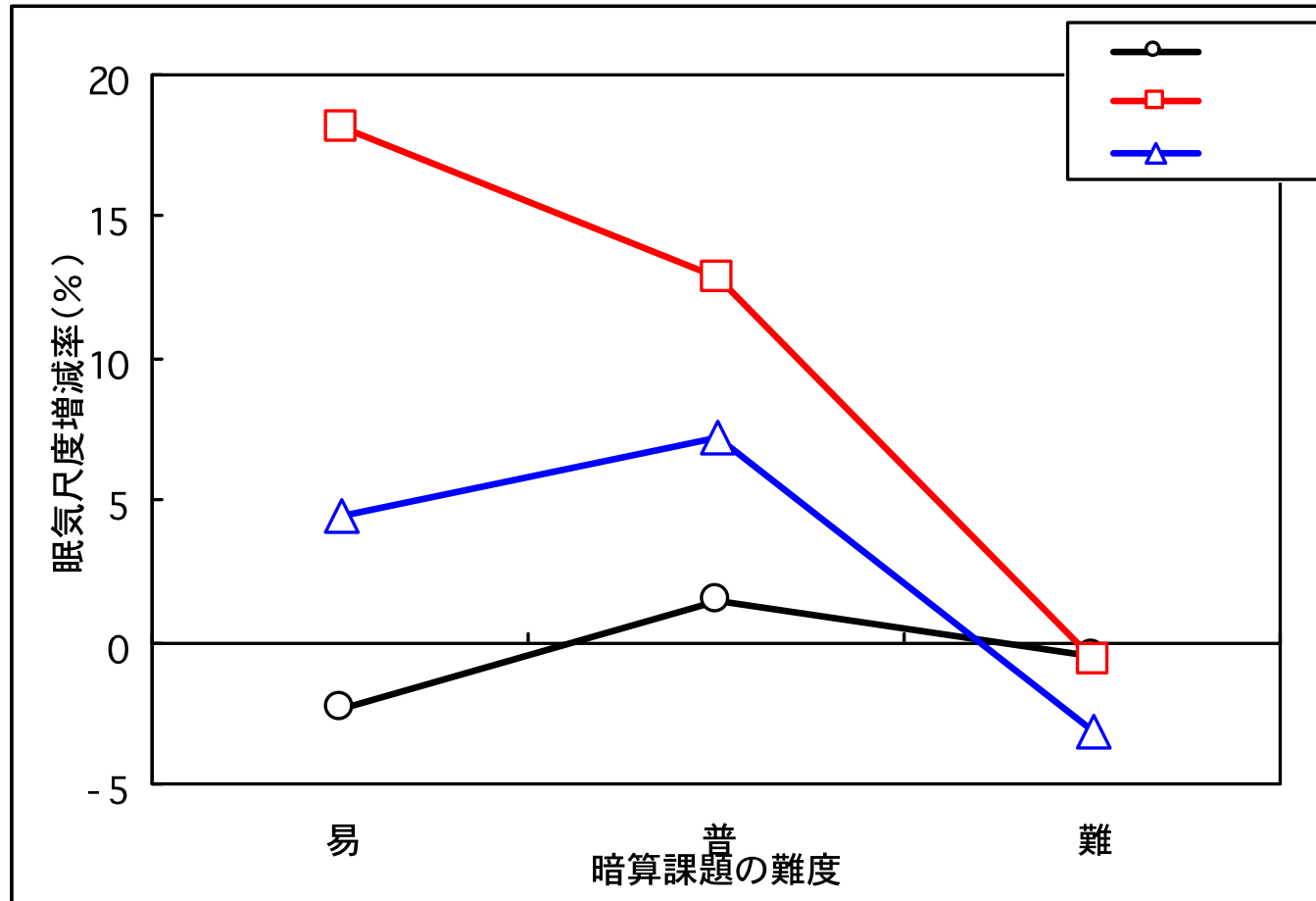
②母音(5文字×10個)

「あかさたな」～「ほもよろを」までを、1回に5文字ずつ連続で読む。

③いろは歌(約12文字×4個)

「ん」を除く「いろは47文字」を等分したものを、連続で読む。
※「いろはにほへとちりぬるを」「わかよたれそつねならむ」
「うゐのおくやまけふこえて」「あさきゆめみしゑひもせす」

予備実験1の結果



昔話(長く読みにくい)や母音では易しい課題で眠気が取れ、昔話ではその傾向が強かった。

予備実験2で用いた朗読課題

①昔話(短く読みやすい)

「昔々、兎と亀は、山の麓を目指して、競争をしました。」などの文章を読む。

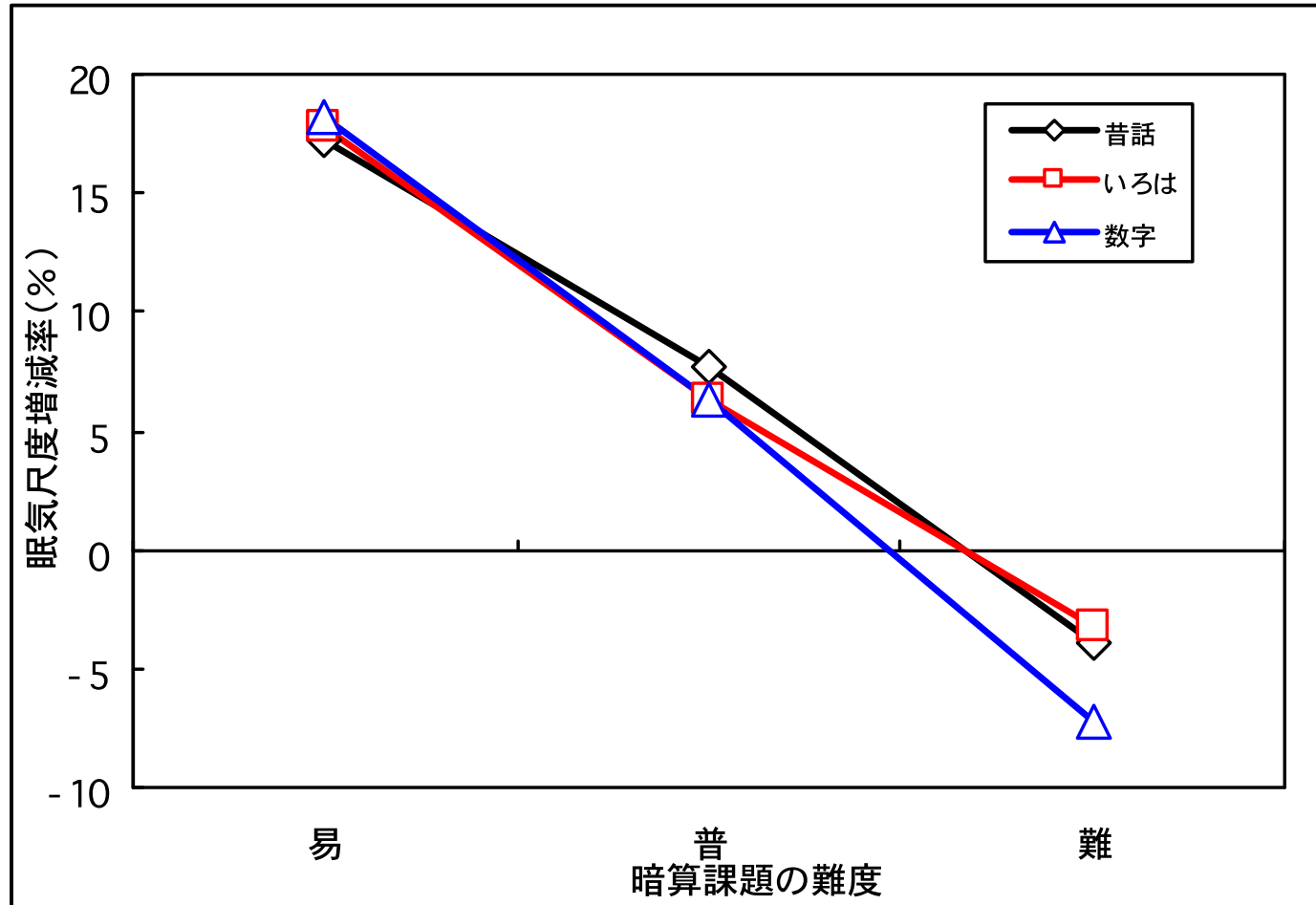
②数字(想起)

「1」～「5」までの数字を、「1」が提示されたら「これはいちです」と読む。ほかも同じ。

③いろは歌(約12文字×4個)

「ん」を除く「いろは47文字」を等分したものを、連続で読む。
※「いろはにほへとちりぬるを」「わかよたれそつねならむ」
「うゐのおくやまけふこえて」「あさきゆめみしゑひもせす」

予備実験2の結果



すべて同じ結果になった。→文章でも読み易くすることで、
また、想起課題でも使える可能性があることがわかった。

CEMに対する抗ヒスタミン剤 服用の影響を知るための実験

実験の概要

目的: CEMと抗ヒスタミン剤服用量との関係を知る

使用薬剤: ジフェンヒドラミン塩酸塩錠 (10mg/錠)

常用量: 最大1回3錠、1日3回

特徴: 中枢へ移行し易い

副作用: 眠気、倦怠感(抑制)、口渇、動悸(昂進)など

服薬条件: 4条件(0錠、1錠、2錠、3錠)

実験日: 週1回(休日の翌日)

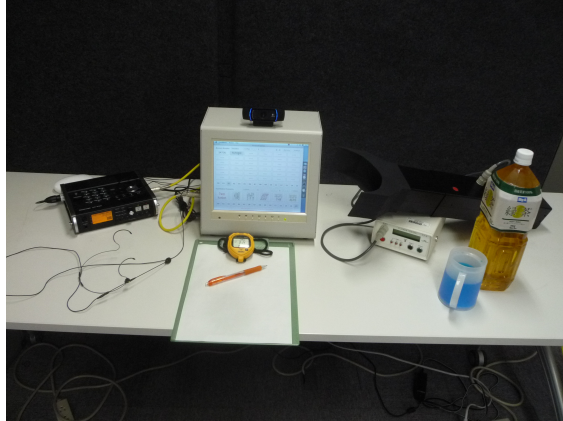
実験時間: 9時30分～17時30分

被験者: 実験関係者4名

測定項目: 質問紙(眠気、疲労感)、フリッカー値、脈拍数、
音声(回答時、朗読時)、作業成績等

実験の流れ: 出勤→朝食→服薬前測定→服薬→30分毎に測定
→終了

実験の様子



装置配置状況



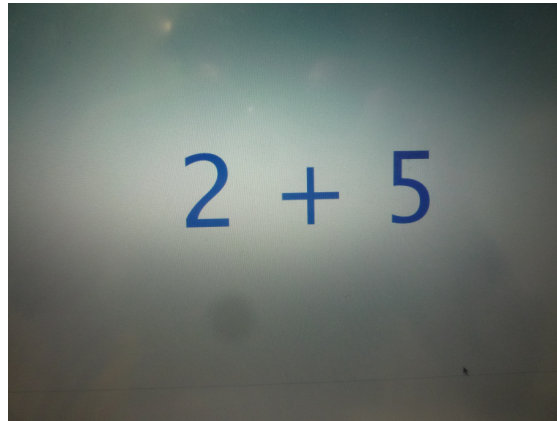
暗算作業中



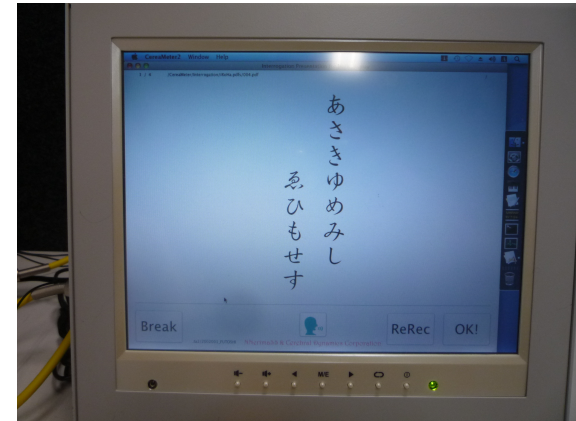
フリッカー値測定中



質問紙チェック中

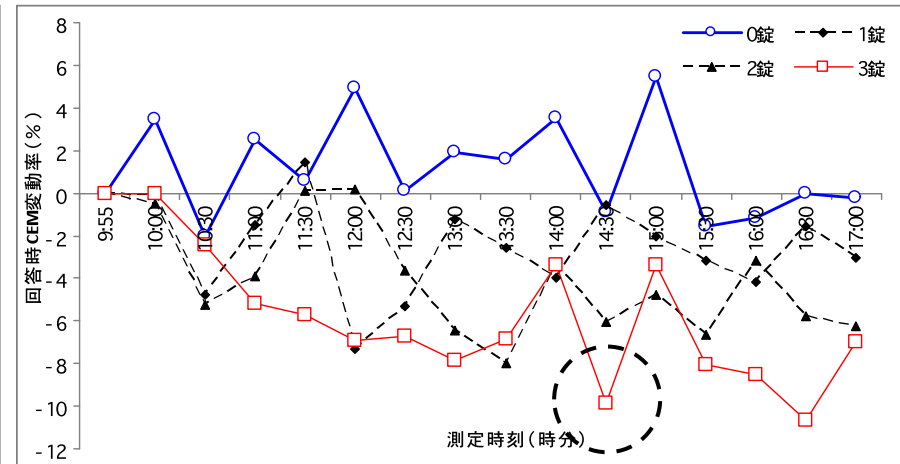
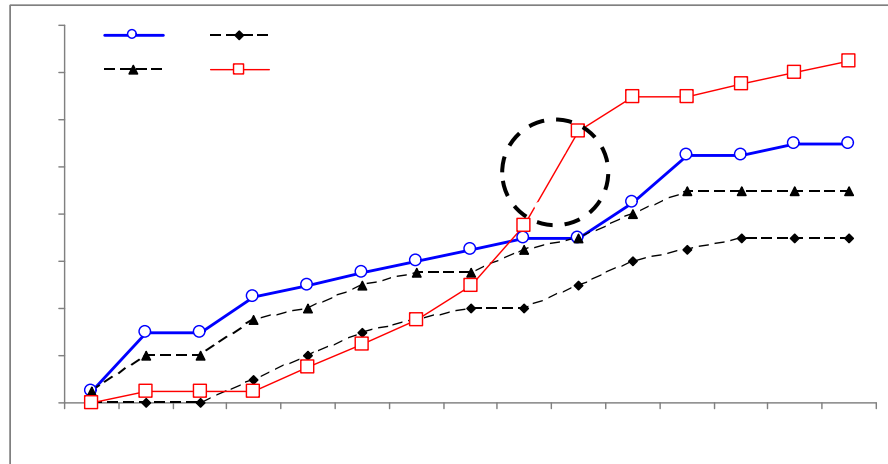
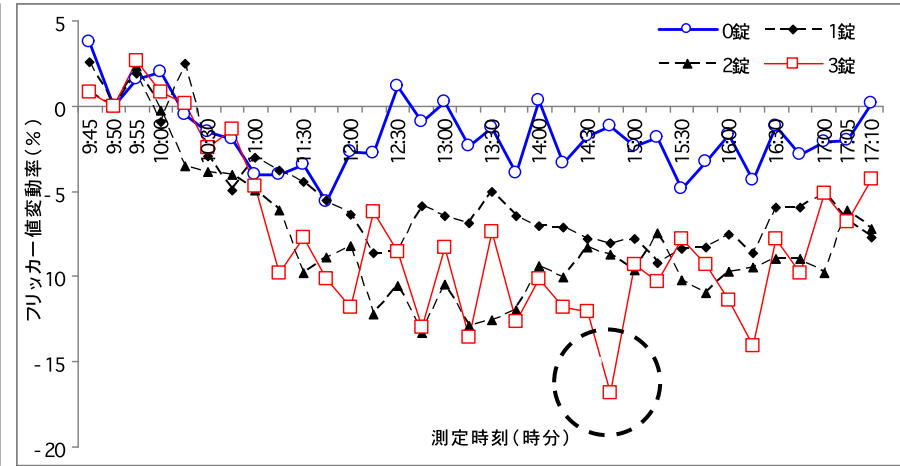
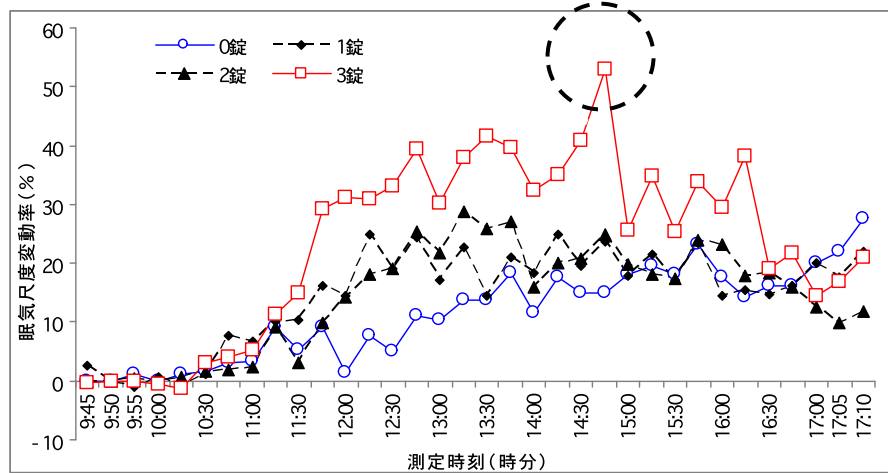


暗算課題



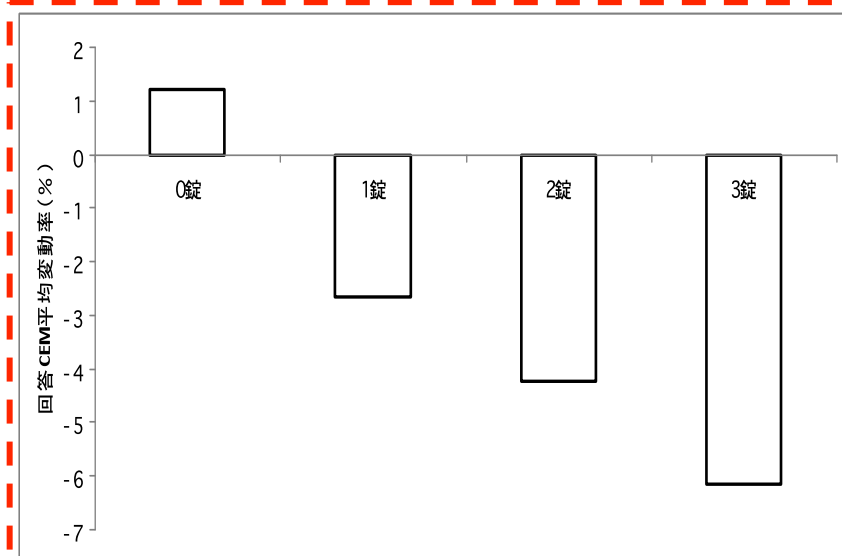
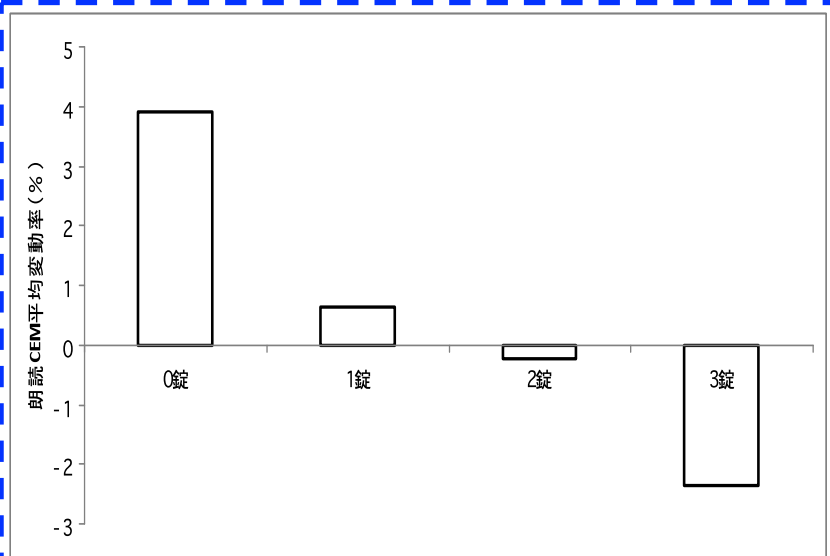
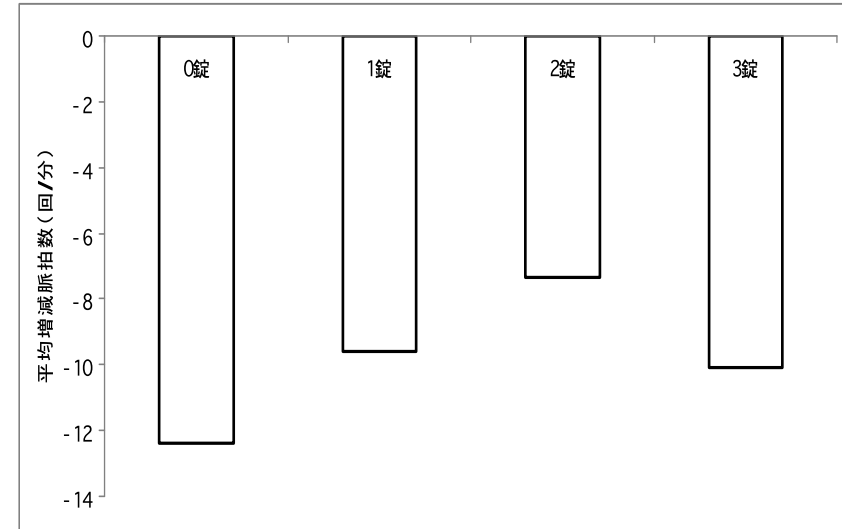
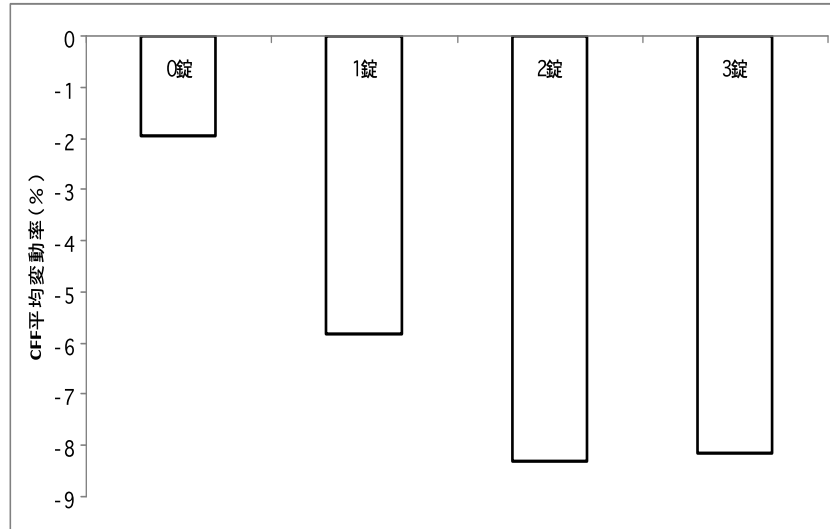
朗読課題

測定項目の経時変化



○ の時刻での作業時にエラーが増加し作業時のCEMは急激な低下を示し、眠気は激増し、フリッカー値は大きな低下を示している。

各指標の平均レベル



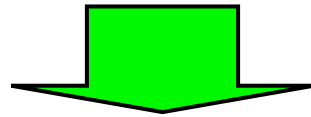
眠気尺度との相関関係

	0錠	1錠	2錠	3錠
CFF	-0.36	-0.88	-0.90	-0.91
HR	-0.90	-0.75	-0.86	-0.76
朗読CEM	0.00	0.23	0.19	-0.21
回答CEM	-0.04	-0.43	-0.55	-0.70

- ・CFFは服用時に高い負の相関関係がみられた。
- ・HRは服用の有無に関わらず高い負の相関関係がみられた。
- ・朗読CEMは3錠の時に負の相関関係がみられた。
- ・回答CEMは2錠以上で統計的に有意な負の相関関係がみられた。

まとめ

- ① CEMの平均レベルが服薬条件と一致
- ② 朗読CEMは感度が低い
- ③ 回答CEM(作業中のCEM)は低覚醒状態評価に有効



作業中の音声は、

- ・ 航空管制業務や運転作業時等の「ねむけ」検知
 - ・ 薬剤の副作用としての中枢抑制度評価等
- への応用が可能と考えられた。

朗読CEM(評価尺度)の感度向上

ご清聴ありがとうございました。