

平成 22 年 6 月 4 日

発話音声から算出する脳活性度指数の信頼性

塩見格一(機上等技術領域)

発話音声分析技術の研究開発の契機・目的・経緯・成果・課題

契機：発話者の心身状態と発話音声のカオス性の相関関係の発見

目的：発話音声分析による予防安全装置の実現

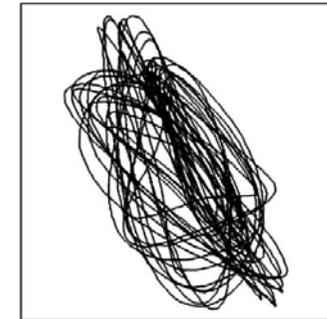
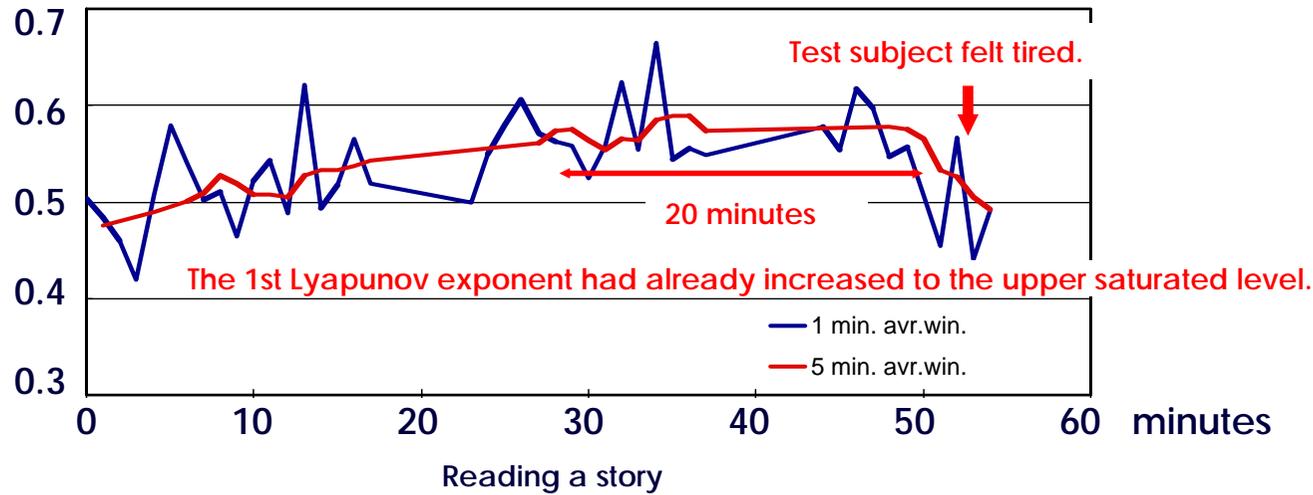
経緯：発話音声のカオス性と意識中枢との関係の検証, 疲労計測実験の実施

成果：「5秒の発話で過労をチェック!」, 試作発話音声分析装置の完成

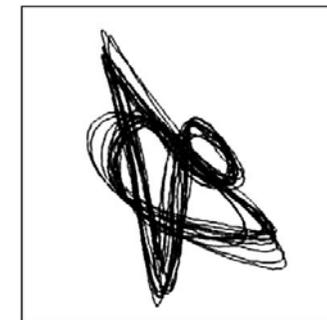
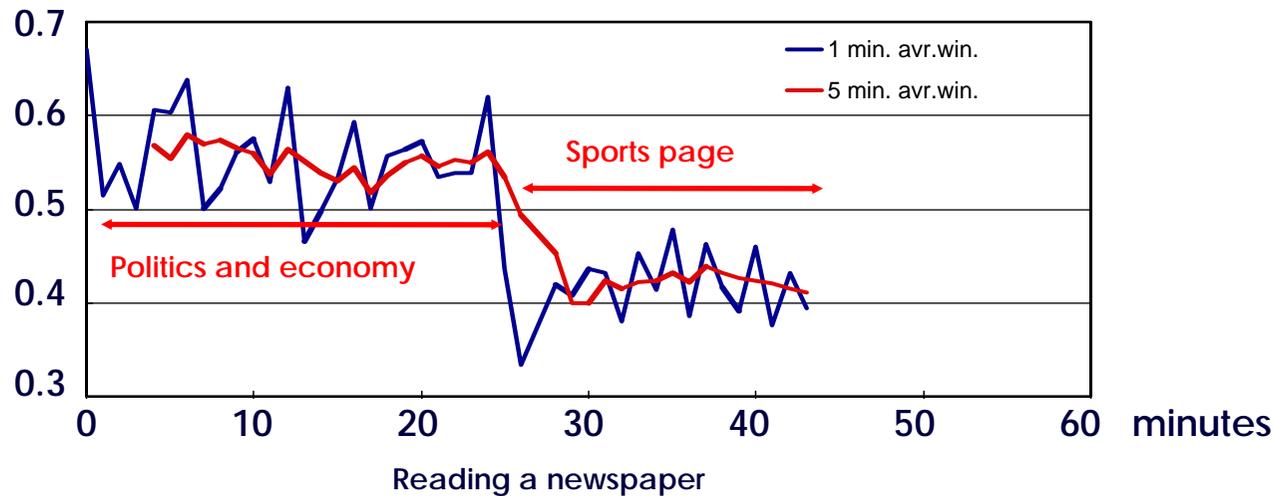
課題：実用化に向けての改題は診断値の信頼性の向上

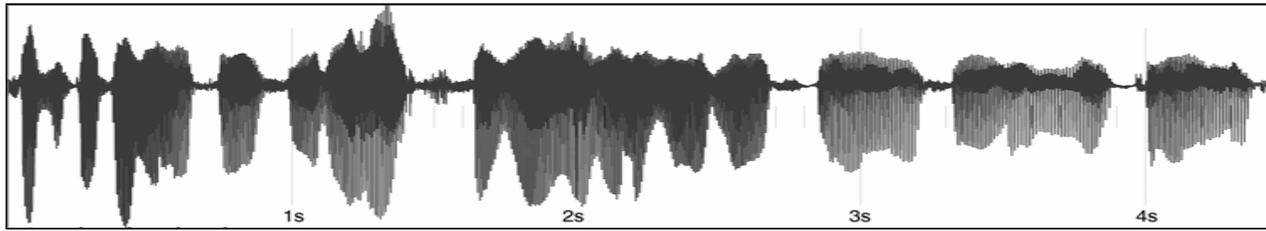
契機：発話者の心身状態と発話音声のカオス性の相関関係の発見

Moving average of the 1st Lyapunov Exponent



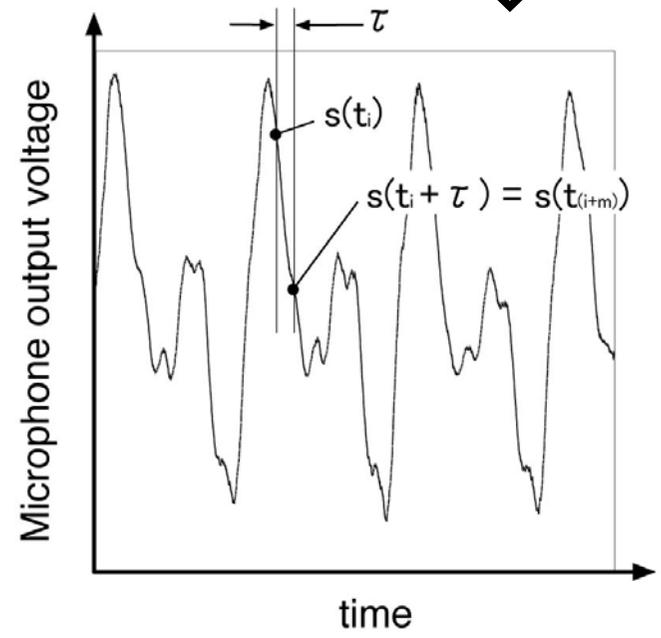
Moving average of the 1st Lyapunov Exponent





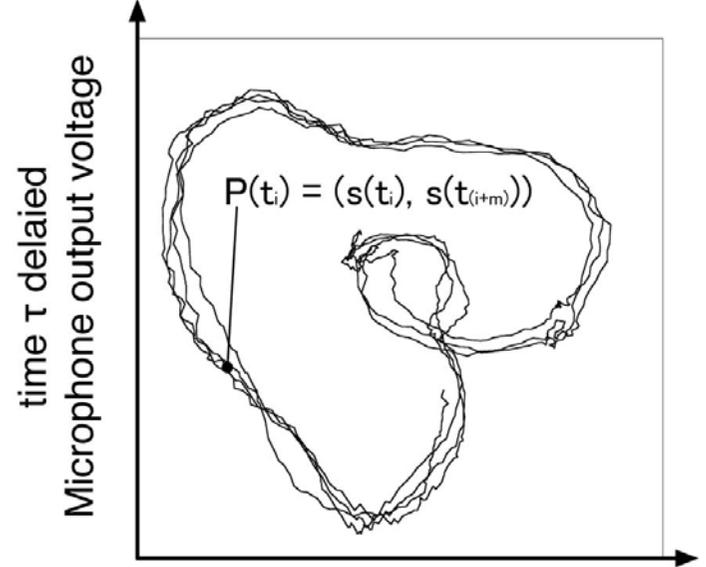
Voice Signal Waveform

↓ Cut-Out



Human Voice Waveform

→ Embedding



Human Voice Strange Attractors

目的：発話音声分析による**予防安全装置**の実現



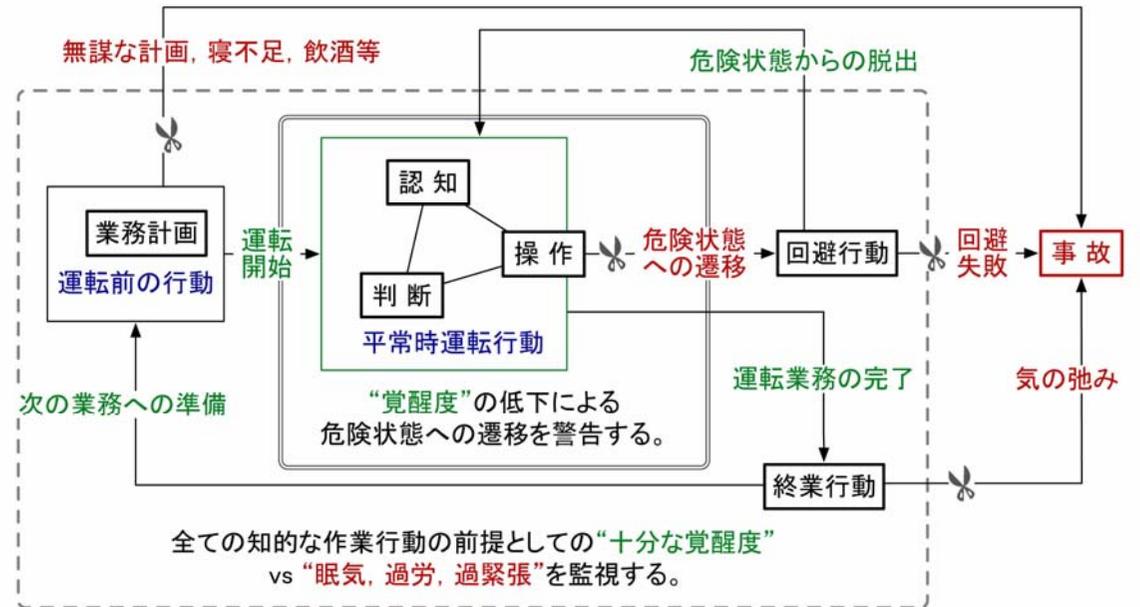
[よくある質問]

世の中には予防安全装置は幾つも存在する。

1) 他の装置と比べて何が良いの？

[私(たち)の理解]

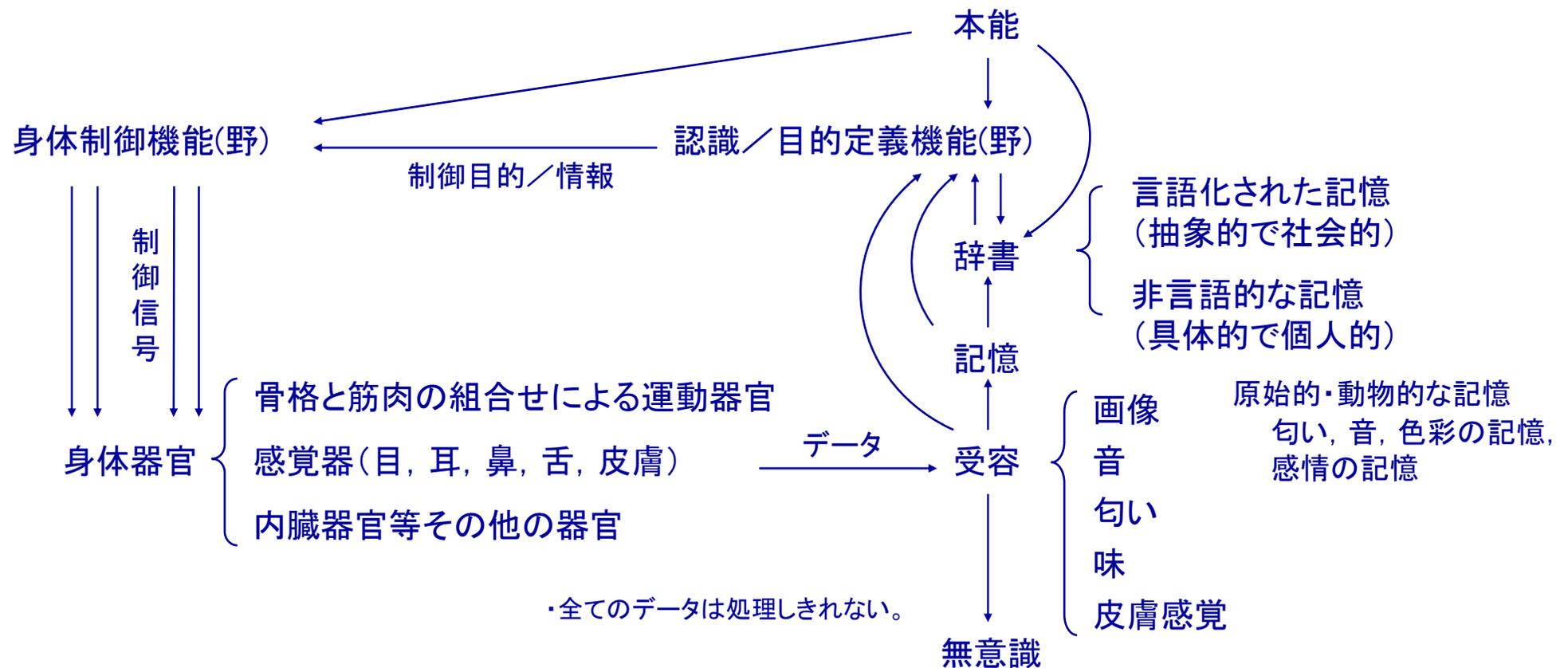
世の中に実用化された予防安全装置は存在しない。発話音声分析装置は実用化が期待され、実用化に近い装置です。



経緯：音声のカオス性と意識中枢との関係の検証，疲労計測実験実施

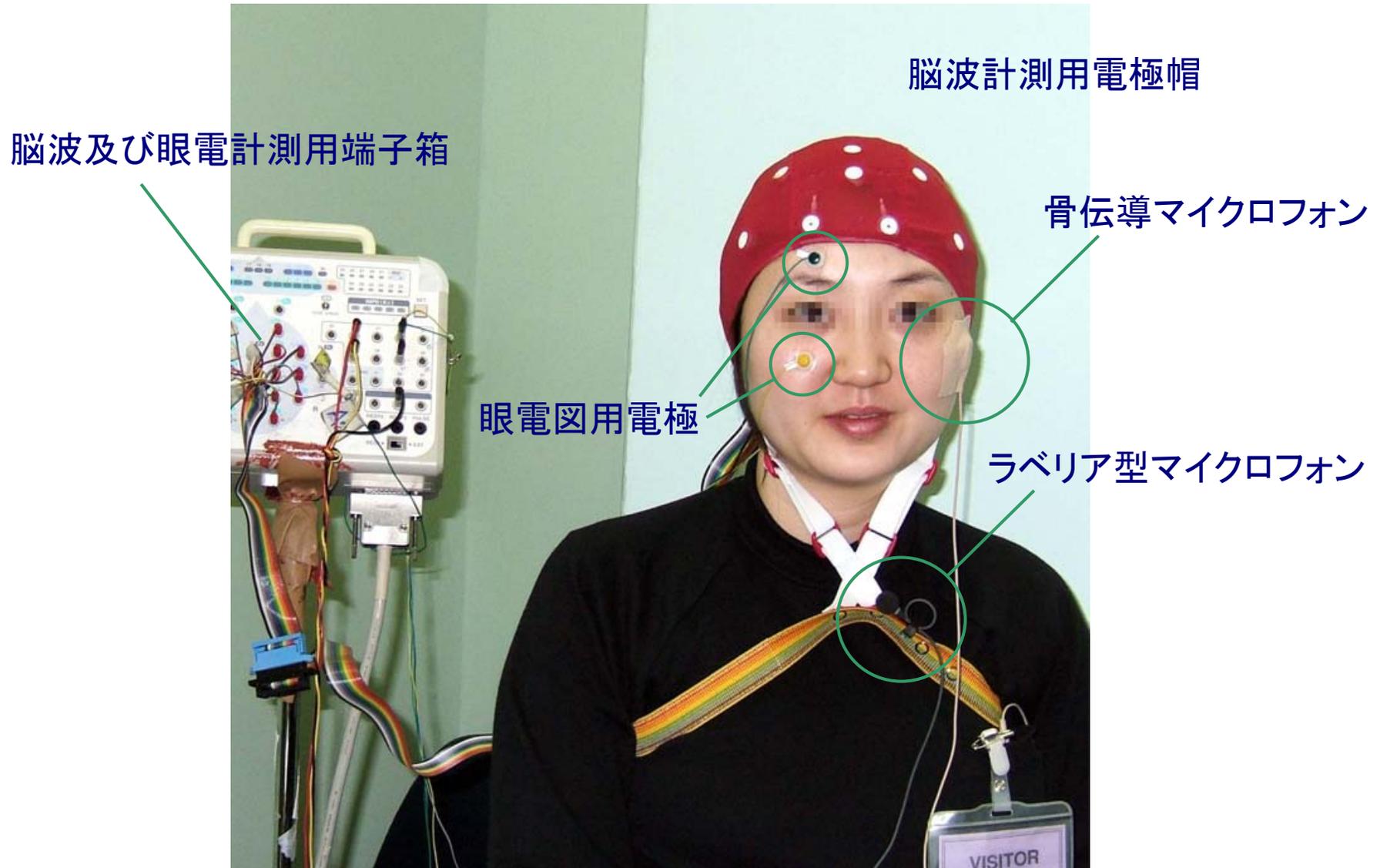
脳機能のモデル化：脳機能を目的定義機能と身体制御機能に分ける。

(我々は、脳のソフトウェア機能の相互関係を問題としており、ハードウェア的な部位等の関係については考慮していない。従って、よく使用される言語野、〇〇野等の名称は使用していない。なお「目的定義機能+辞書」は言語野とほぼ同じ。）



ルネ・デカルトの「我思う故に我あり」との認識は、「認識が何故生まれるのか？」理解することこそが脳のソフトウェア的な理解である、このことと多分同じである。

疲労等評価実験の被験者とセンサー類装着状態



フランスの事故調査委員会から依頼のあった音声を分析

SiCECA configuration		BVD_1	BVD_2	charlotte_1	charlotte_2	LVR_1	LVR_2	LVR_3	LVR_4
D/H	R								
D	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	452	500	-	331	515	505	-	443
	9	442	459	340	336	484	482	512	448
	10	451	458	344	335	478	499	501	449
	A_20%	511	517	339	328	570	517	540	394
	A_50%	454	490	341	337	486	505	509	443
	A_70%	443	459	350	335	482	483	497	448
H	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	378
	8	457	500	-	319	522	513	557	426
	9	450	460	353	326	488	485	524	450
	10	448	461	352	325	487	487	516	454
	A_10%	505	504	349	339	623	530	564	378
	A_30%	472	508	348	320	522	515	532	423
	A_50%	456	467	354	325	491	490	516	447

フランスの事故調査委員会からの“お返事”

Dear Sir,

Your results fit perfectly with the conditions of test. Each time you have said that “the level of stress is higher than” the person was in fact very tired.

For example BVD 1 was recorded at 11 PM the first night. He didn't not sleep until the recording of BVD 2 the second night at 2 AM (27 hours later) after 42 hours without rest.

Do you make any difference between stress and tiredness ? Sorry for the low level.

We will perform new tests in September and we will correct the problem.

I will send you again these new results with more complete physiological results.

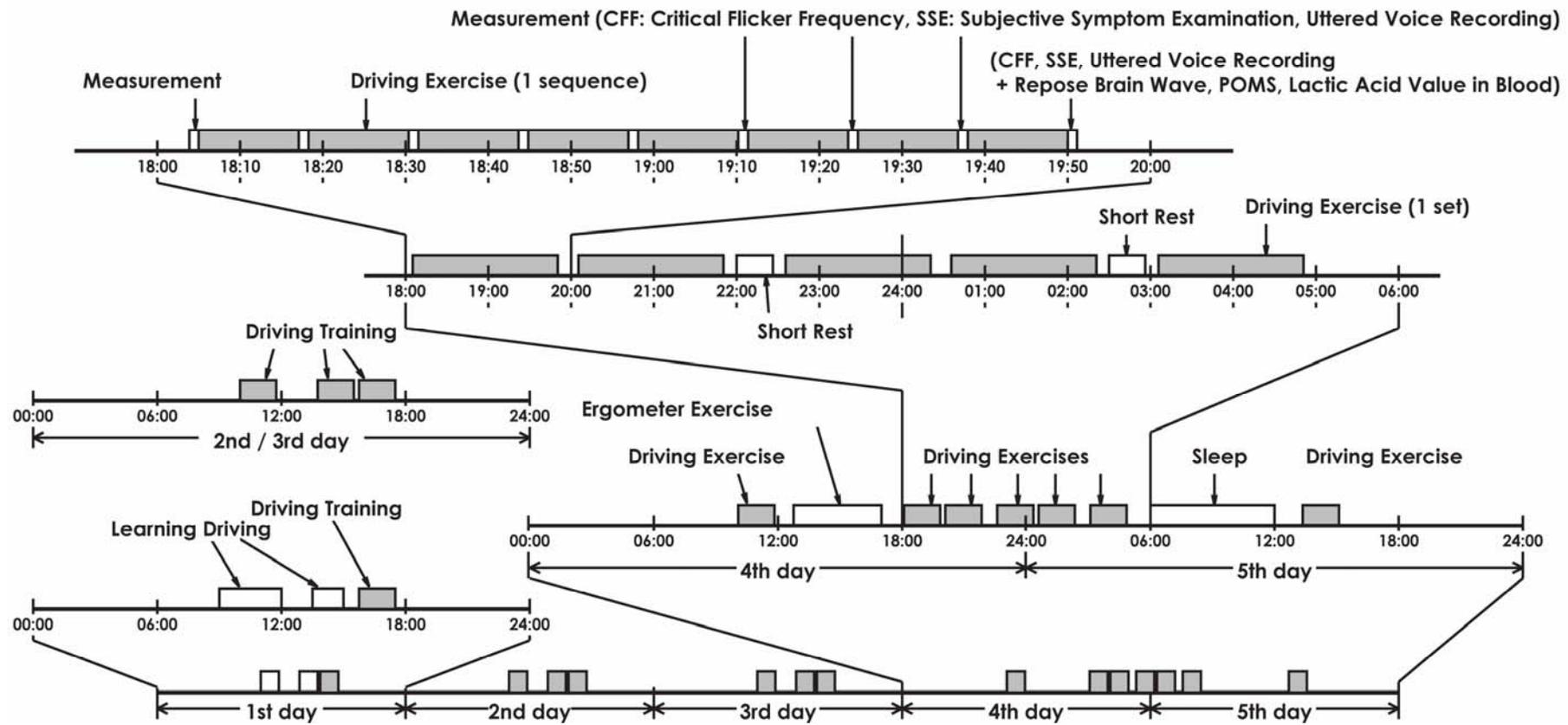
If you have the opportunity to come in France it will be a great pleasure for me to meet you in our lab which is very close to Paris. I can pick you up somewhere on the airport or downtown. Anyway, I think I will have to come in winter in Japan so I will take time to come to see you and discuss the results.

We are together working for safety and I think we should join our efforts.

Thanks, Best regards

6 Aug. 2004

Philippe Plantin de Hugues



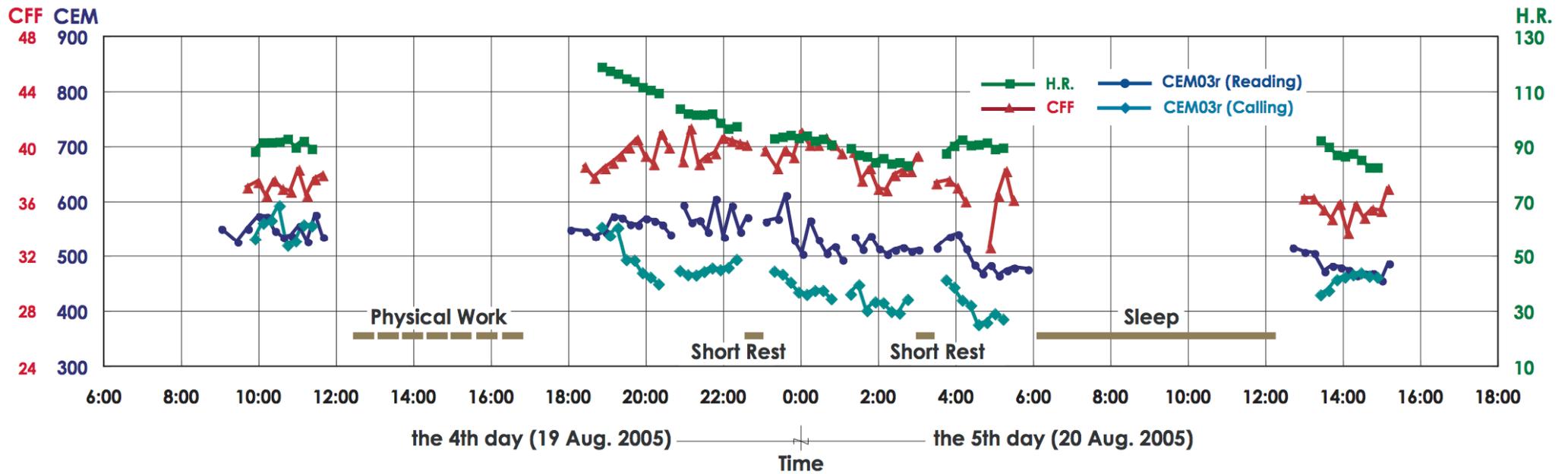
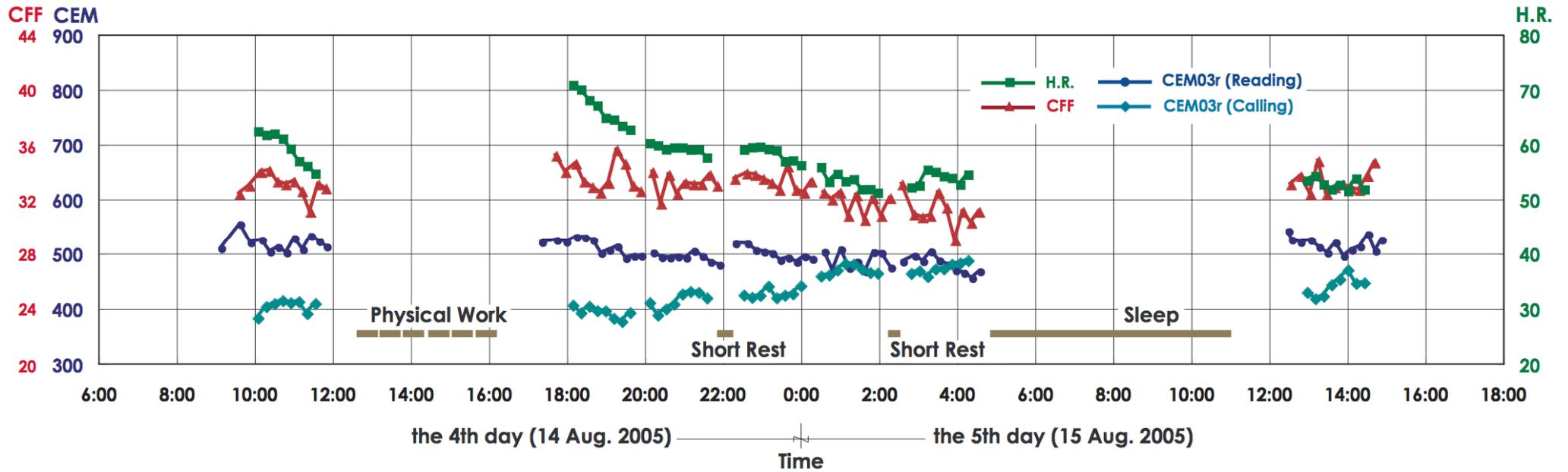
20 minutes



2 hours



4 hours



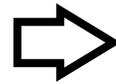
2009 年までの研究開発の成果

成果:「5秒の発話で過労をチェック!」, 試作発話音声分析装置の完成



2007 年版

2周りくらい小型化した。



2009 年版

電子航法研究所の一般公開におけるデモンストレーション



FAA Safety-Forum におけるデモンストレーション



研究開発における今後の課題

課題：実用化に向けての改題は**診断値の信頼性の向上**

- 1) 診断値の変動要因を見付けて、
- 2) 変動要因を管理・制御する。

3) 変動要因は幾つあるのか？

実は、凄く沢山ある事が分かっている。

信号処理パラメータ, マイクロフォン, 発話内容, 発話環境, 等々

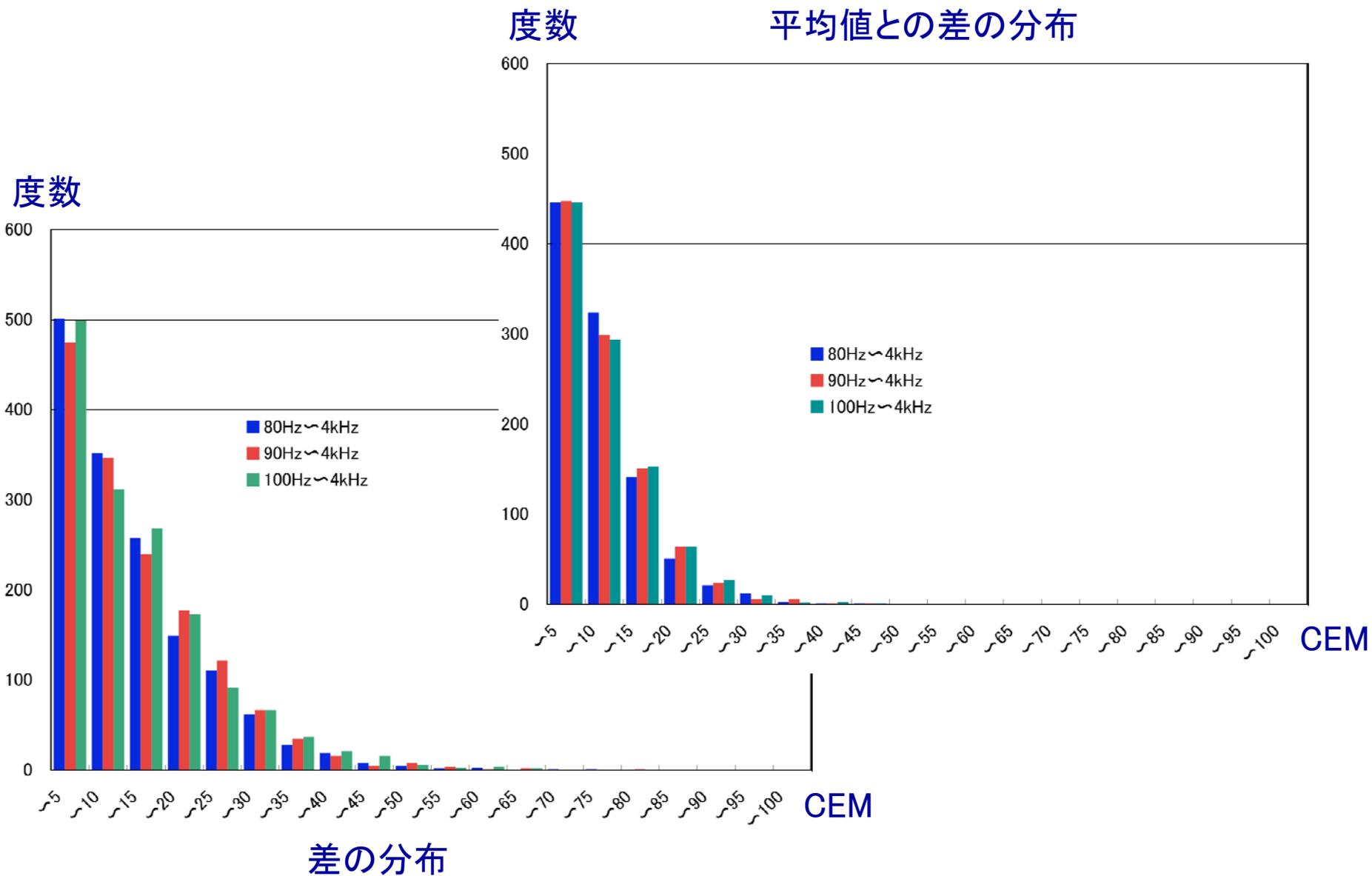
診断値の信頼性について

- 1) 全く同じ音声からも異なった CEM 値が算出される。
- 2) その誤差はポアソン分布に従っている様に見える。

音声データ	ID	U0	U1	U2	U3	U0-U1	U0-U2	U0-U3	U1-U2	U1-U3	U2-U3	UA-U0	UA-U1	UA-U2	UA-U3
002979-010334.wav	1	604	581	585	590	23	19	14	4	9	5	14.00	9.00	5.00	0.00
011761-017879.wav	2	531	518	530	524	13	1	7	12	6	6	5.25	7.75	4.25	1.75
020471-026796.wav	3	631	601	635	617	30	4	14	34	16	18	10.00	20.00	14.00	4.00
028873-035879.wav	4	589	579	581	598	10	8	9	2	19	17	2.25	7.75	5.75	11.25
037256-044112.wav	5	552	534	557	583	18	5	31	23	49	26	4.50	22.50	0.50	26.50
045648-052715.wav	6	553	574	556	565	21	3	12	18	9	9	9.00	12.00	6.00	3.00
055650-062263.wav	7	512	504	511	515	8	1	3	7	11	4	1.50	6.50	0.50	4.50
063931-070338.wav	8	530	515	489	520	15	41	10	26	5	31	16.50	1.50	24.50	6.50
071886-078458.wav	9	535	530	549	555	5	14	20	19	25	6	7.25	12.25	6.75	12.75
083864-089988.wav	10	512	511	517	520	1	5	8	6	9	3	3.00	4.00	2.00	5.00
...
470090-476605.wav	249	484	506	509	500	22	25	16	3	6	9	15.75	6.25	9.25	0.25
477908-484067.wav	250	475	491	463	480	16	12	5	28	11	17	2.25	13.75	14.25	2.75
最大値		661	691	664	667	35	72	67	58	49	57	39.25	33.50	41.50	30.75
最小値		420	426	431	434	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
平均値		522.3	523.4	522.5	522.4	9.8	12.3	12.2	11.3	12.1	10.6	7.0	6.6	7.2	7.2
標準偏差		39.7	39.0	38.4	39.0	8.0	11.1	10.4	9.2	9.7	9.2	6.3	5.2	5.9	6.1

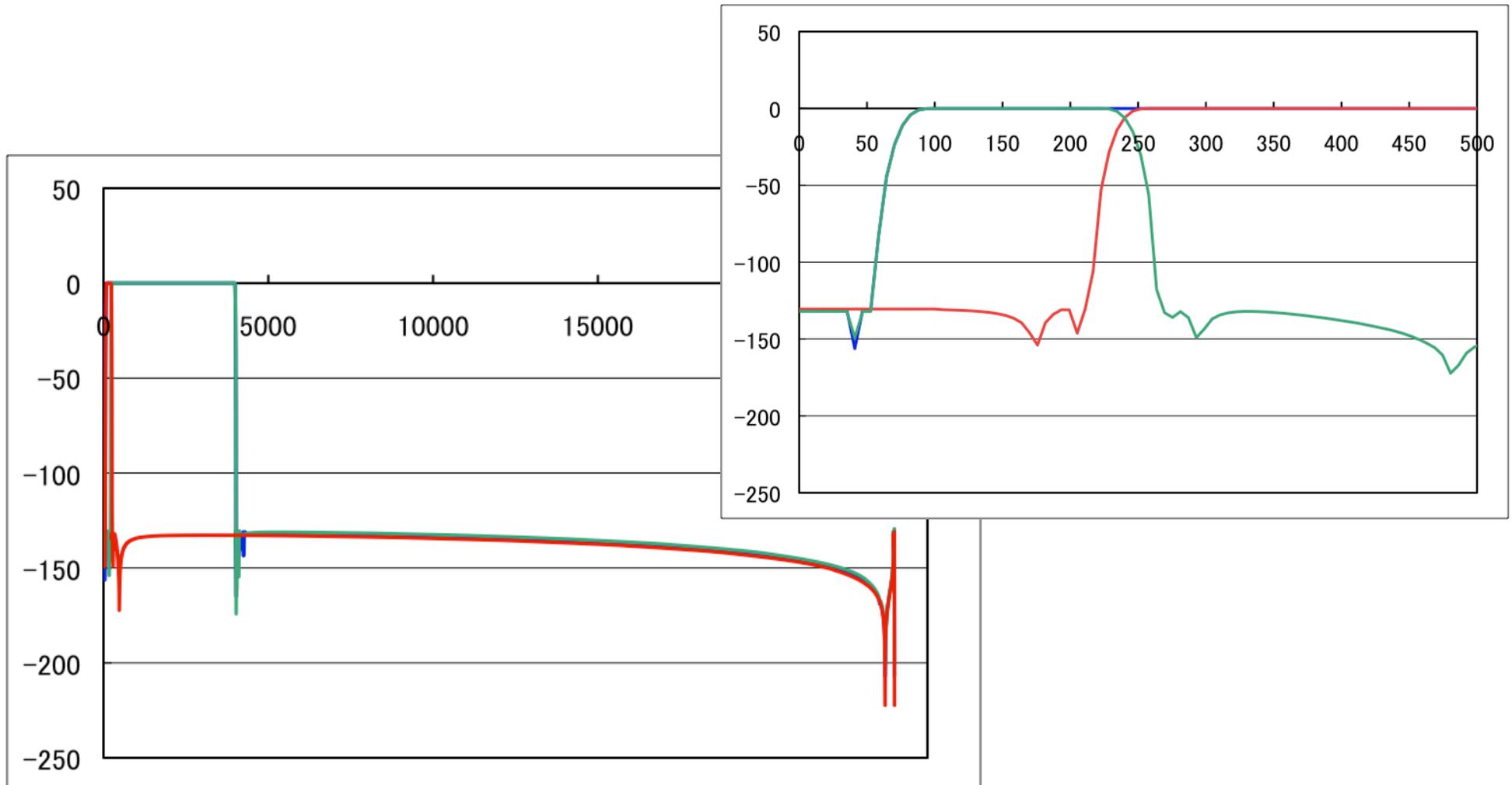
※) 192kHzでサンプリングした音声信号を間引いて 48kHzサンプリングのデータ4種類を生成した。

診断値の誤差

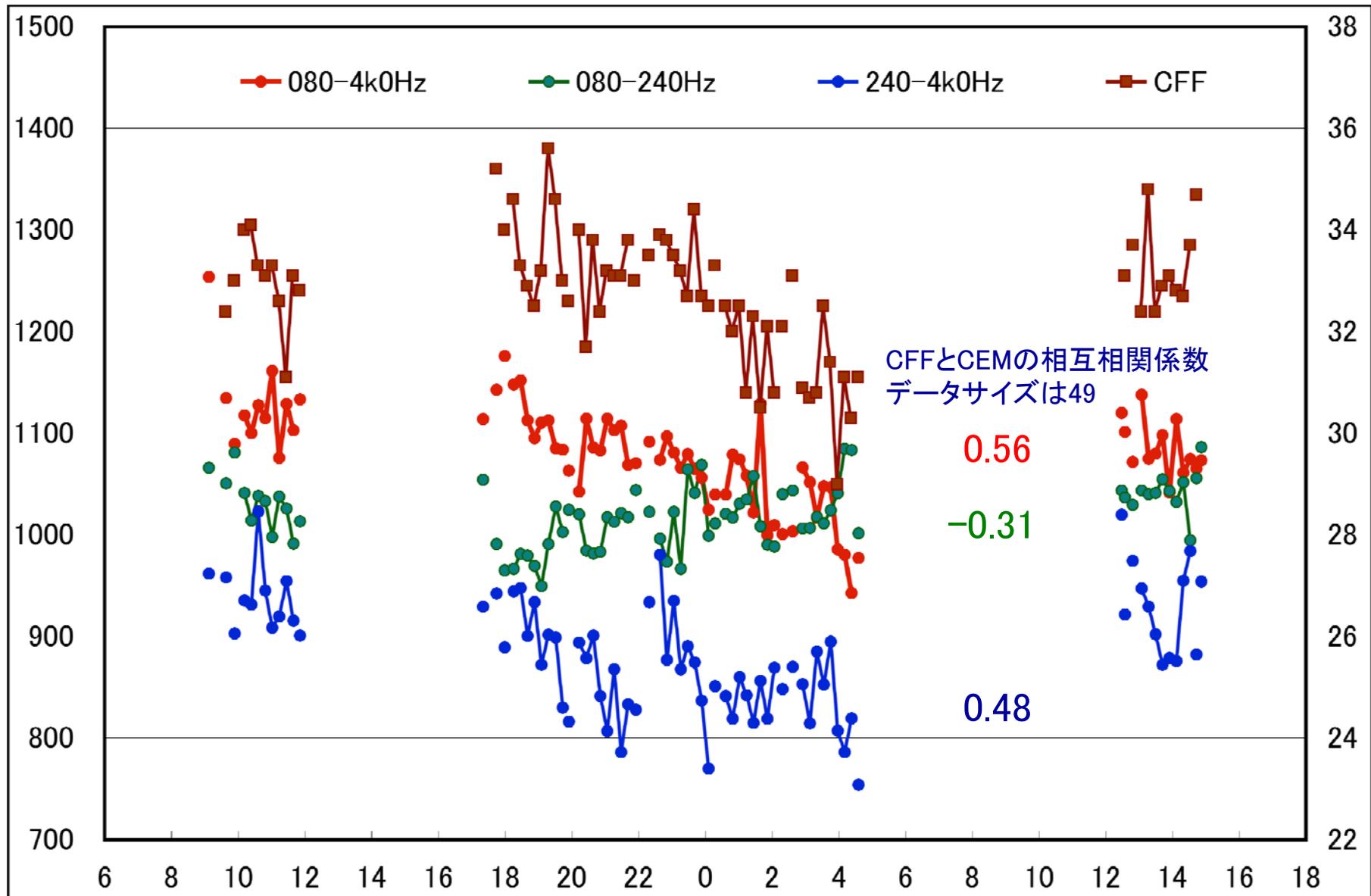


覚醒度に相関するカオス性は声帯にあるのか？

1) デジタル・フィルターにより帯域を分離する。



信号処理結果



おわりに & 最新の成果

マイクロフォン：個体差の解消はかなり難しい。

信号処理パラメータの最適化：理論的なアプローチは現状では不可能だ。

発話内容：脳機能に関する知見が増えれば対応可能か？

発話環境：デジタル・フィルターの開発により対応を図る。

航空局殿からの要望への対応：

演算処理性能を向上させ統計数学を利用して対応を図る。

今後の研究の前提として

1)パイロットや管制官の健全性を確保して航空安全向上を図る。



FOR IMMEDIATE RELEASE: June 10, 2008 SB-08-25

NTSB RECOMMENDS FAA ADDRESS FATIGUE MANAGEMENT SYSTEMS IN AVIATION

Washington, DC -- The National Transportation Safety Board today made the Federal Aviation Administration (FAA) to address human fatigue with. The Board recommended that the FAA develop guidance, based on empirical evidence, for operators to establish fatigue management systems, including content and implementation of these systems.

The Board also made a recommendation to develop and use a methodology to assess the effectiveness of fatigue management systems implemented by ability to improve sleep and alertness, mitigate performance errors, and accidents.



National Transportation Safety Board
Washington, D.C. 20594

Safety Recommendation

Date: JUN 12 2008

In reply refer to: A-08-44 and -45
A-06-11 (Superseded)

The Honorable Robert A. Sturgell
Acting Administrator
Federal Aviation Administration
Washington, D.C. 20591

Background

Several aviation accidents and incidents that have occurred in the past few years¹ have highlighted the dangers of human fatigue within airline operations, the need to address factors related to issues of both company policies and crewmember responsibilities, and the continued need for changes to flight and duty time regulations to effectively mitigate the dangers of fatigue

管制業務官署における音声収録等調査

研究目的等に対する説明：

精神性作業におけるヒューマン・エラーの防止には、個々人が精神的なゆとりを持って業務を遂行できる事が重要です。

本研究では、業務内容に対する平均適正着席時間を算出するためのモデルを開発し、官署毎の適正着席時間を算出します。

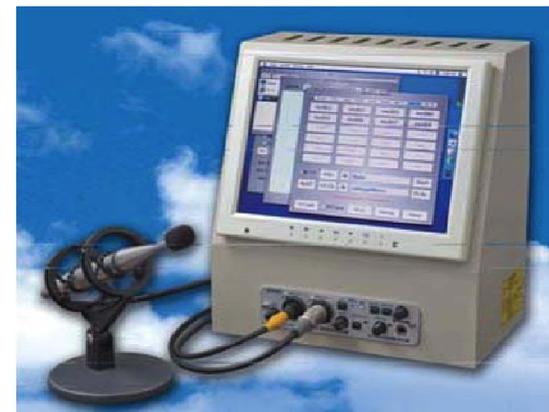


業務の前後や合間に十秒の朗読

—— 発話音声 →

← 診断結果 ——

過労や不注意の防止



発話音声分析装置