

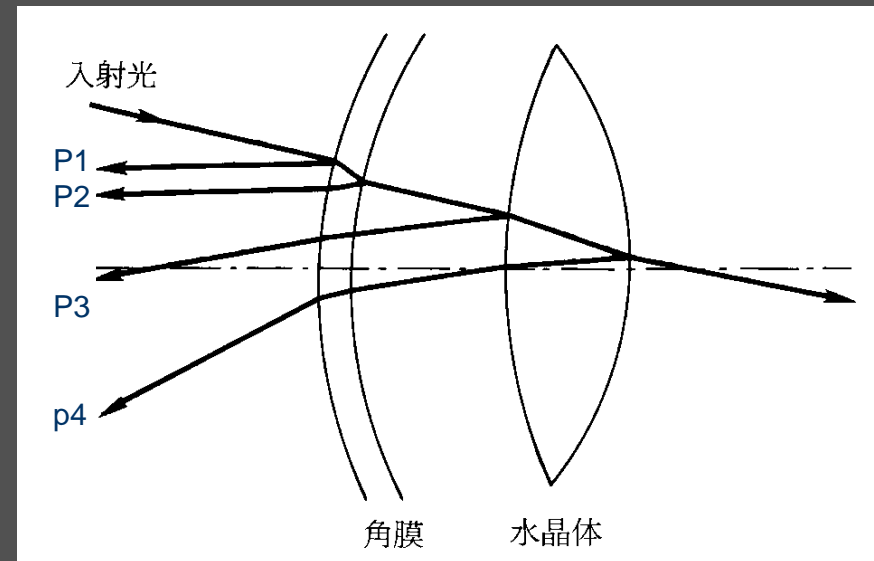
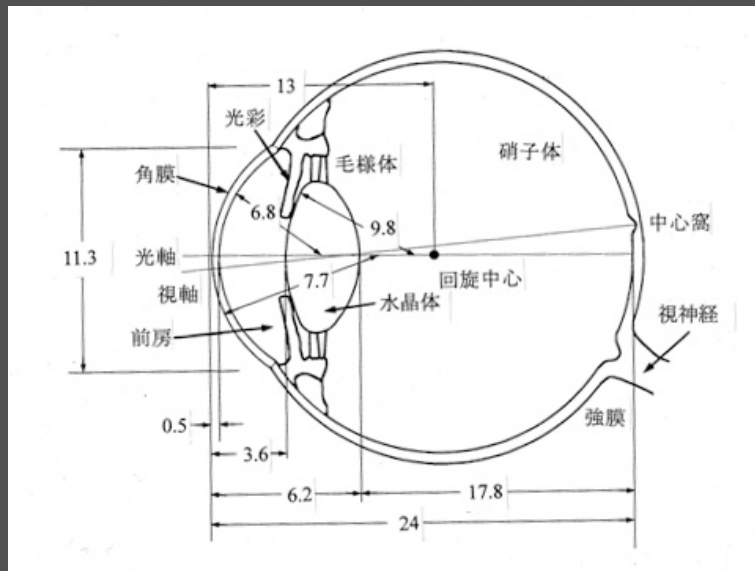
2010年3月15日

# 行動科学の隘路を探る道具としての眼球運動研究

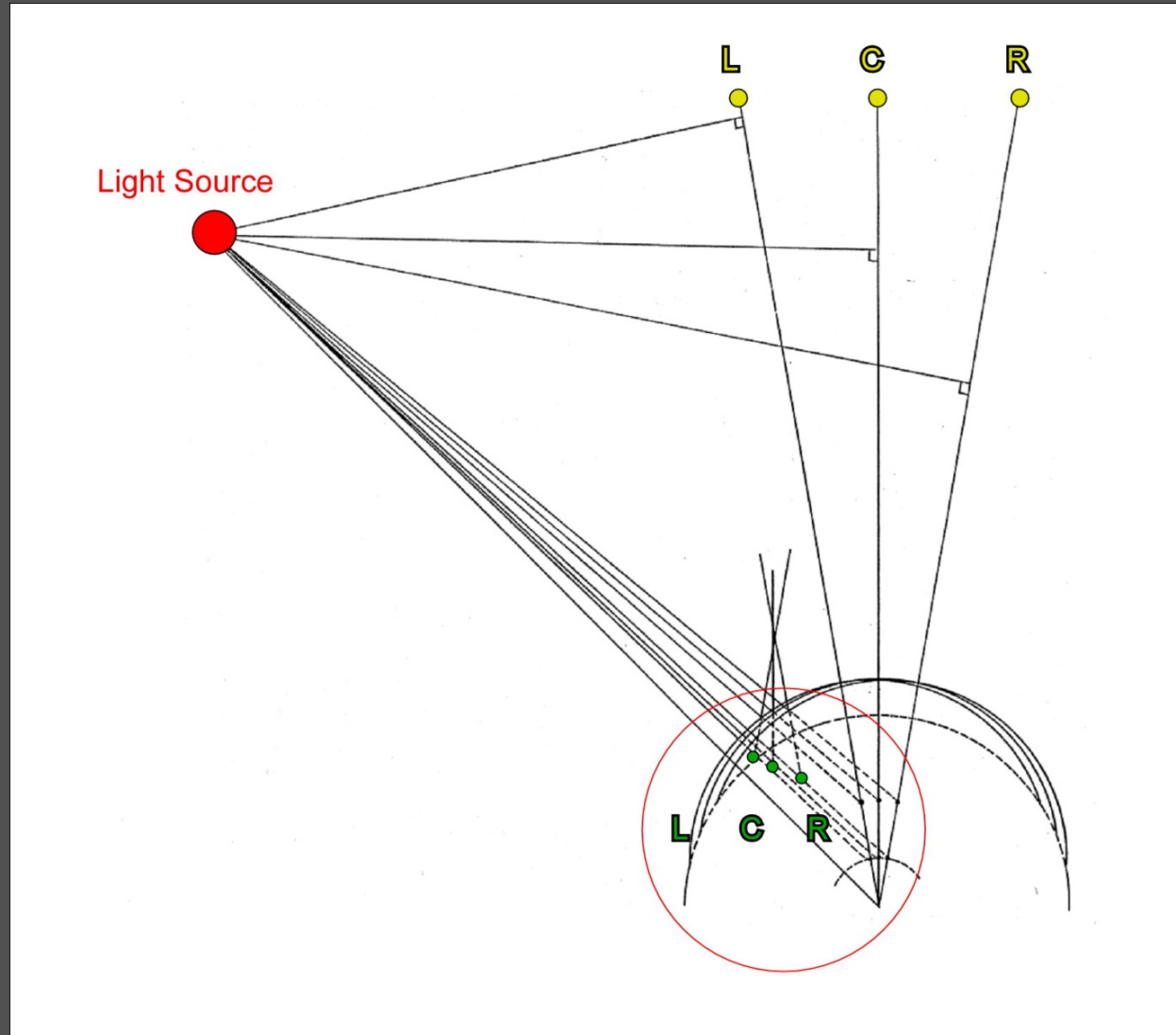
古賀一男

名古屋大学・エコトピア科学研究所

## 角膜反射光法による眼球運動の計測と記録:



# 角膜反射光の生成



## 1970年代における光学的直接記録法

Type 1

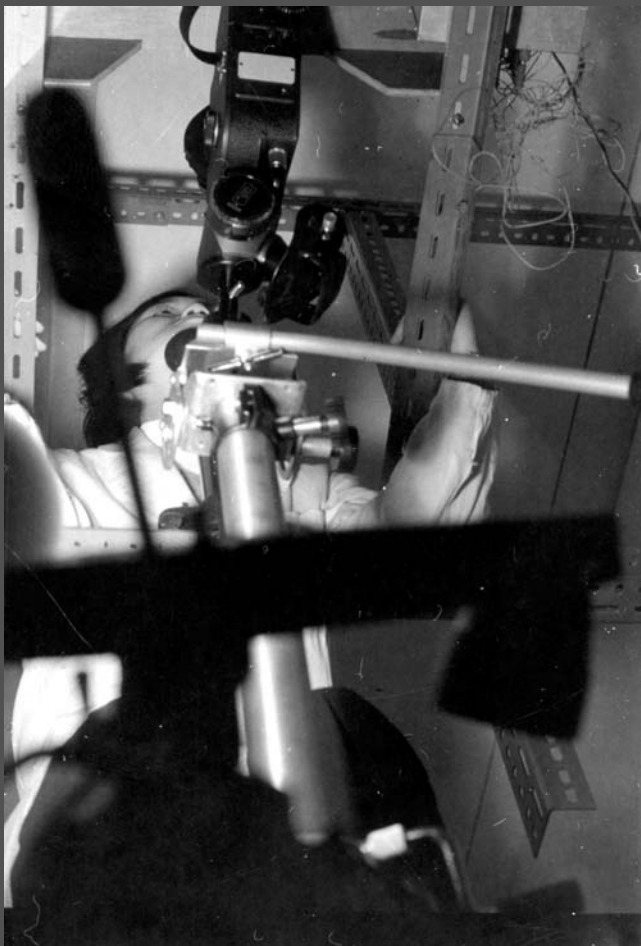


Type 2



架. 5.5 V

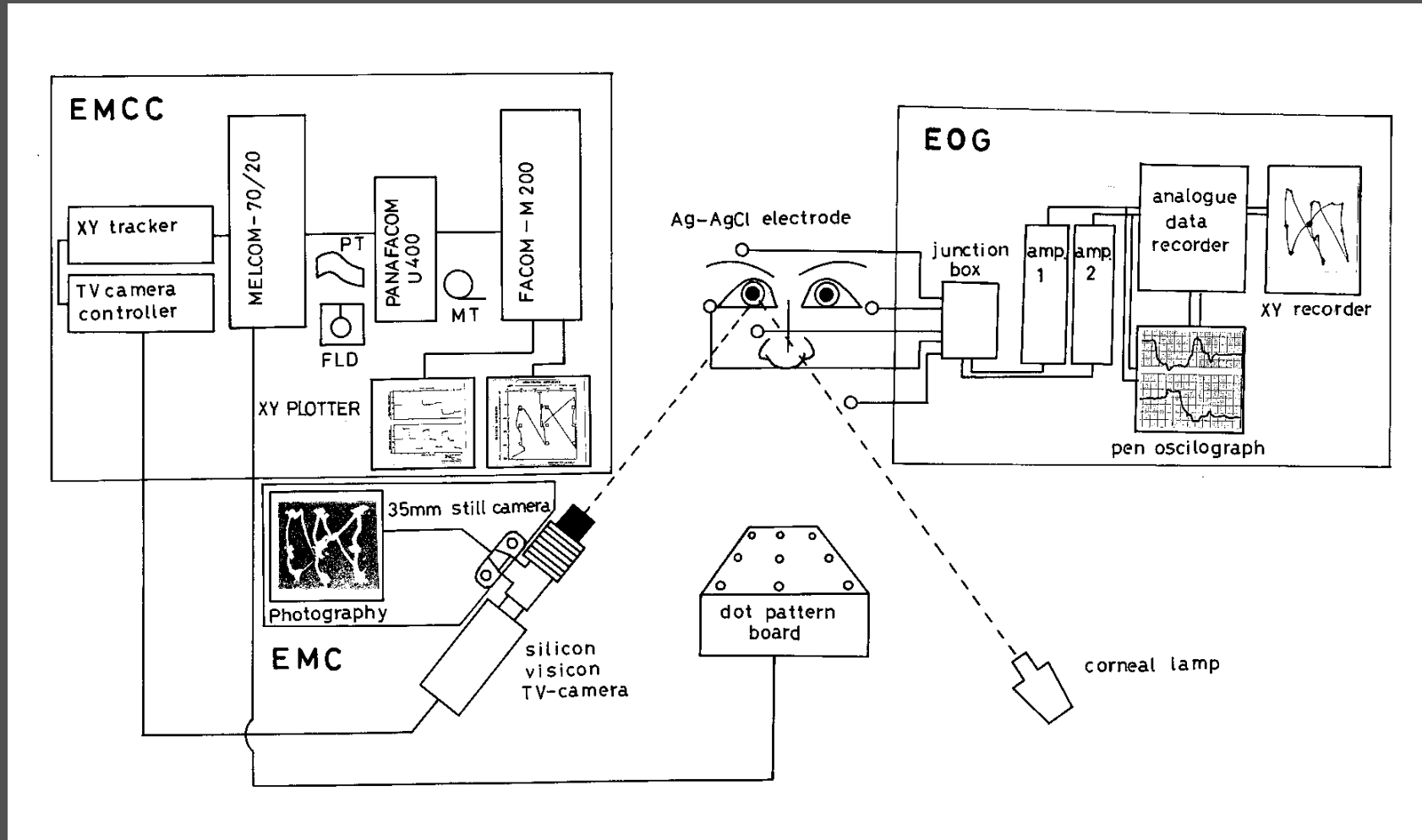
撮影はBolex社16mm撮影装置



撮影されたフィルムの一部



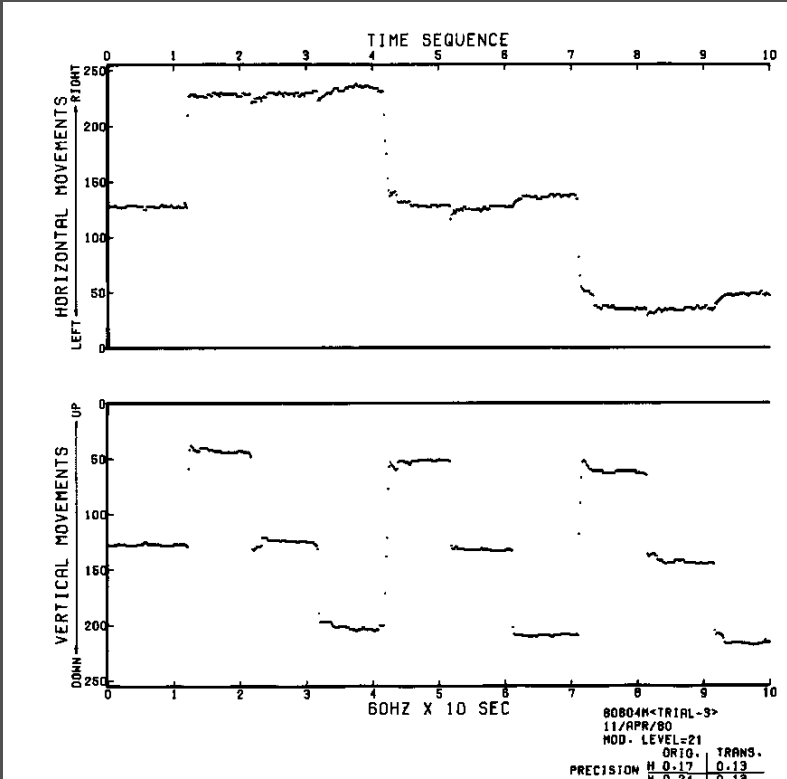
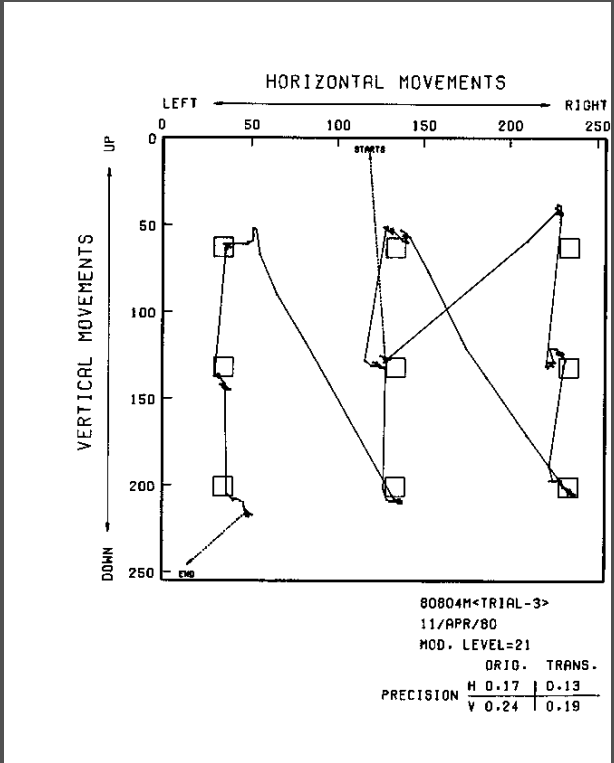
# デジタル記録による眼球運動の計測システム



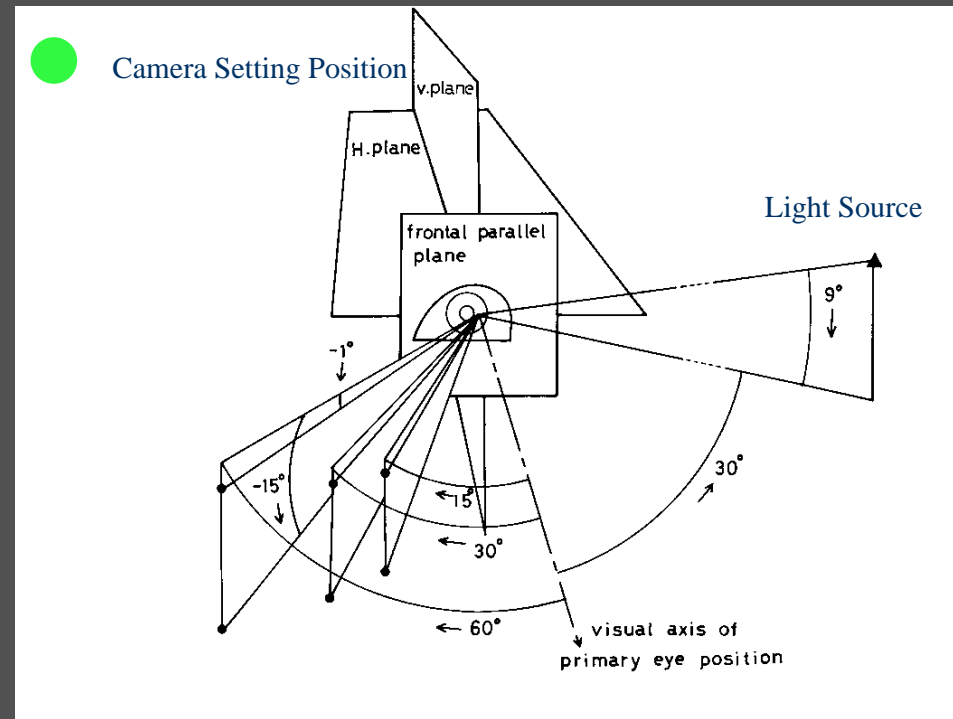
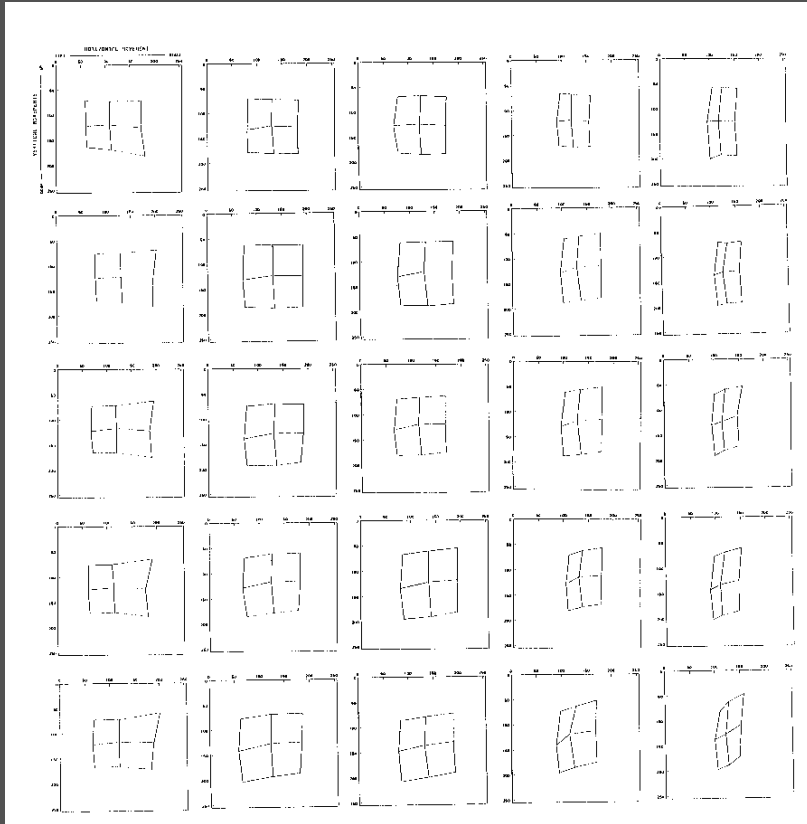






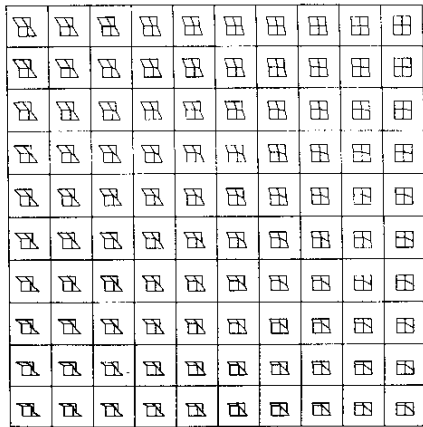


## 撮影機器および角膜投射光の角膜に対する3次元位置パラメータ

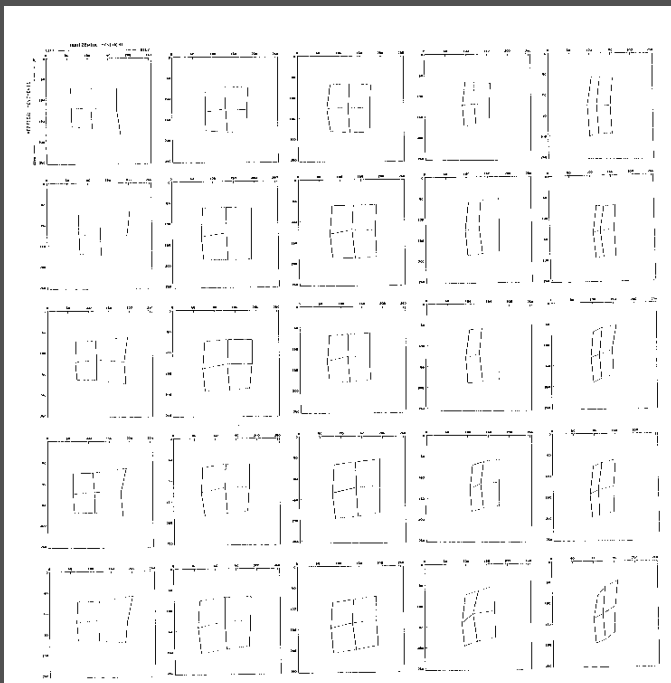
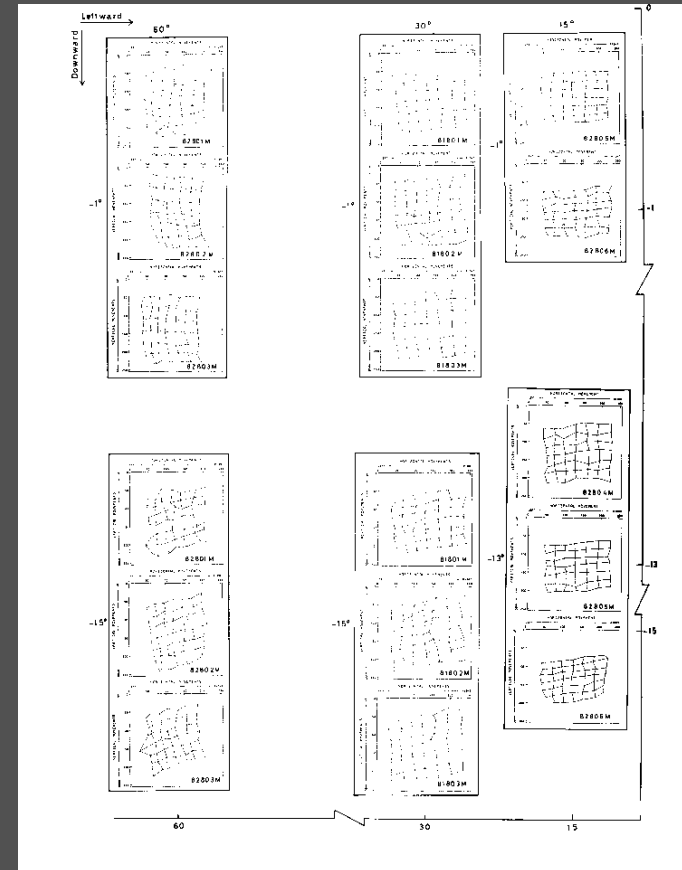


# 数値計算によるシミュレーション

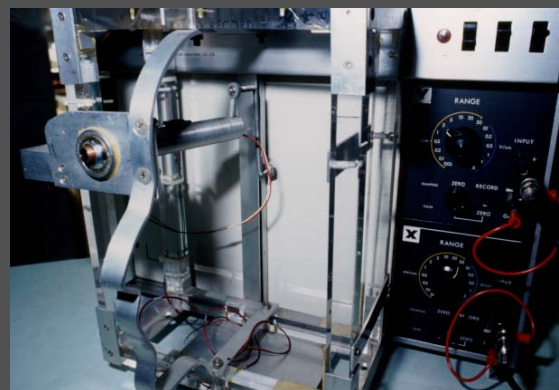
NO. • 10



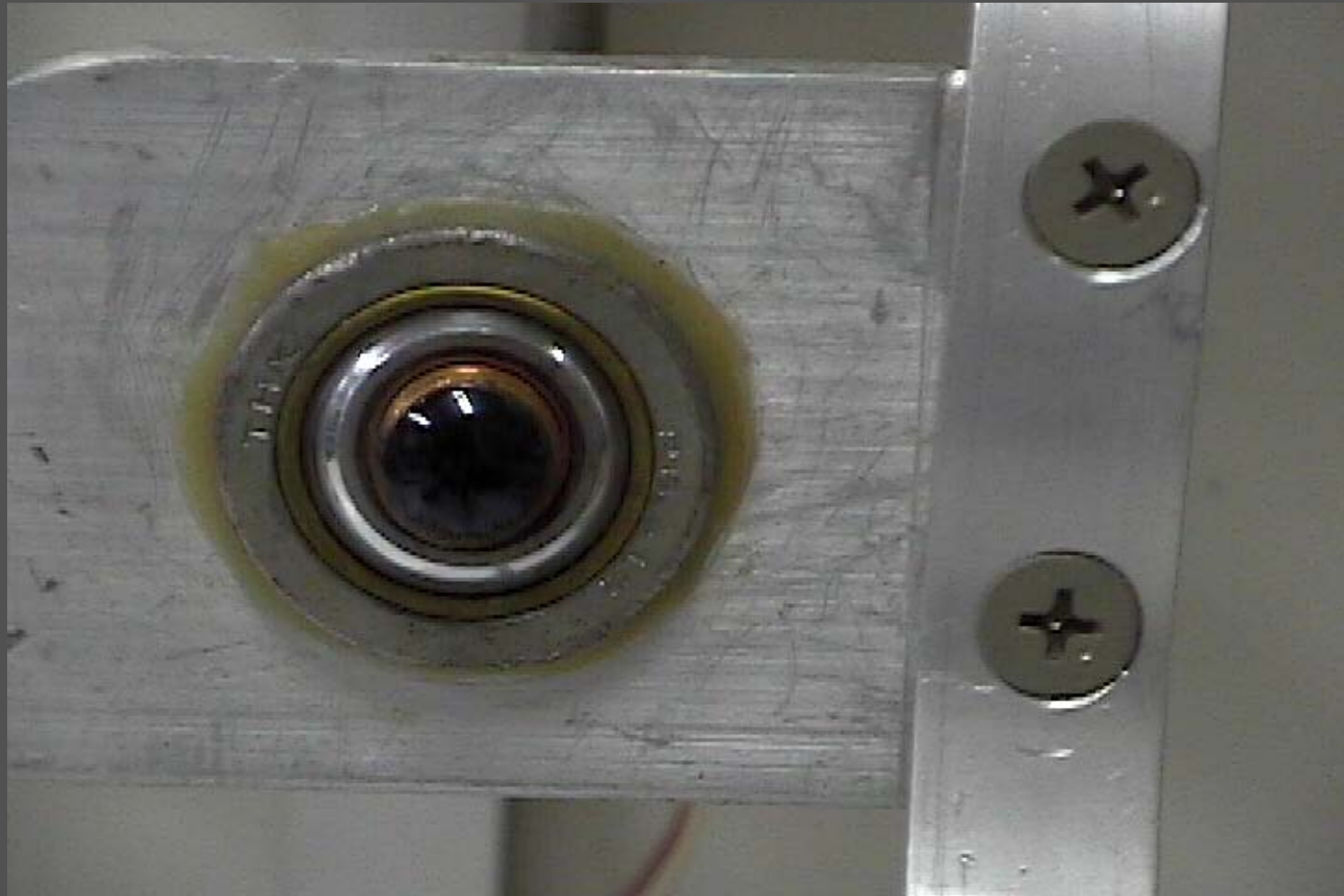
# 実際にヒトから得られたデータ



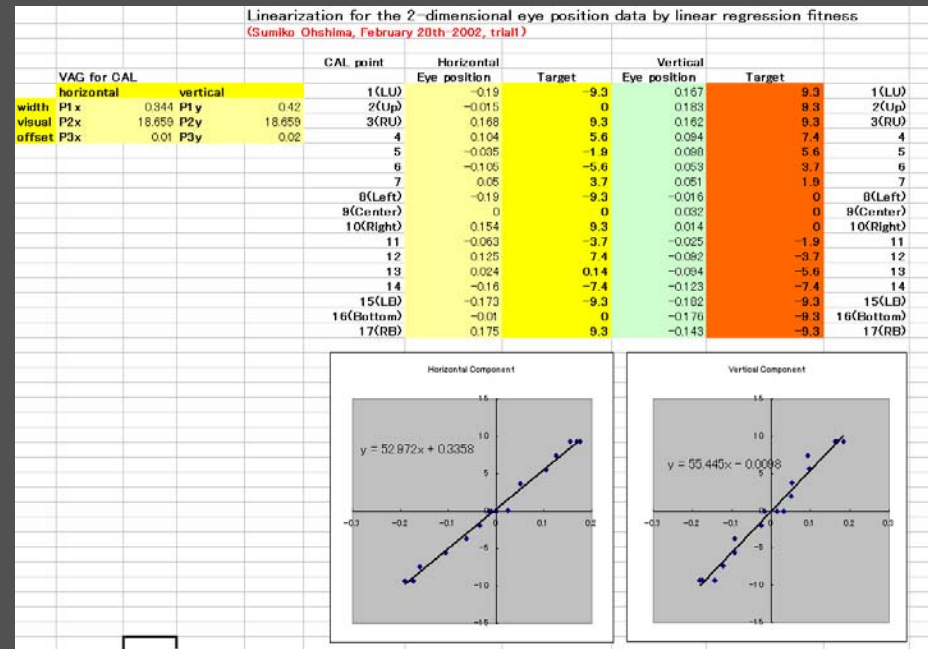
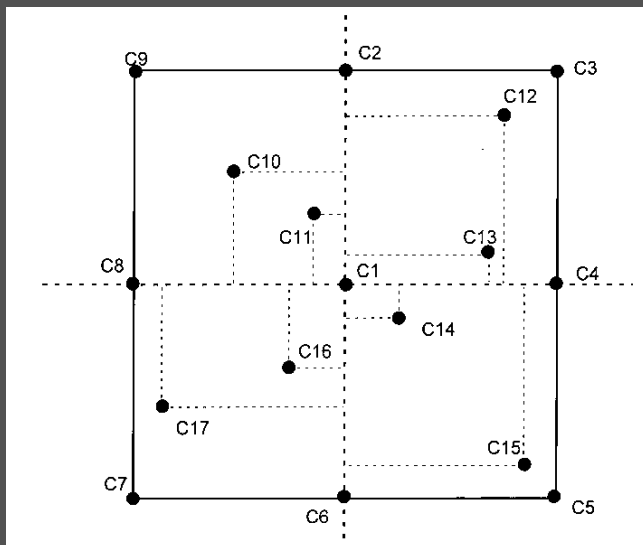
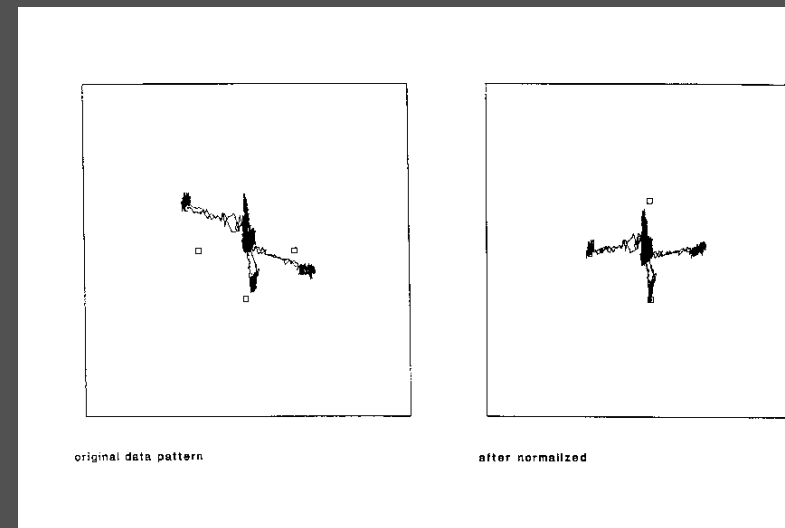
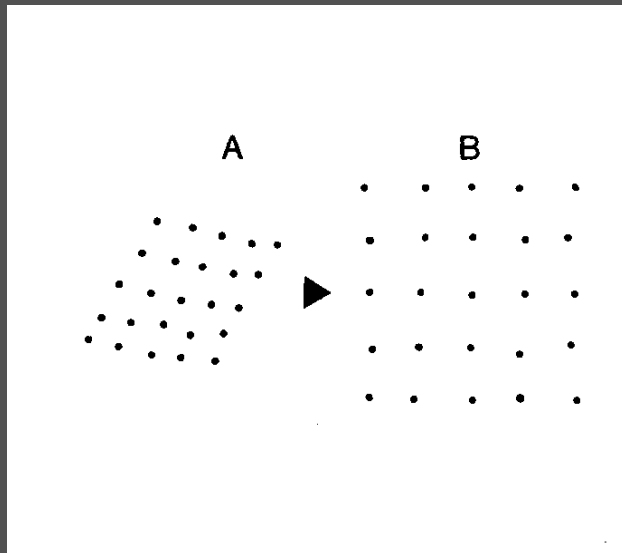
# 眼球運動シミュレータによるデータの取得



# 眼球運動シミュレータ

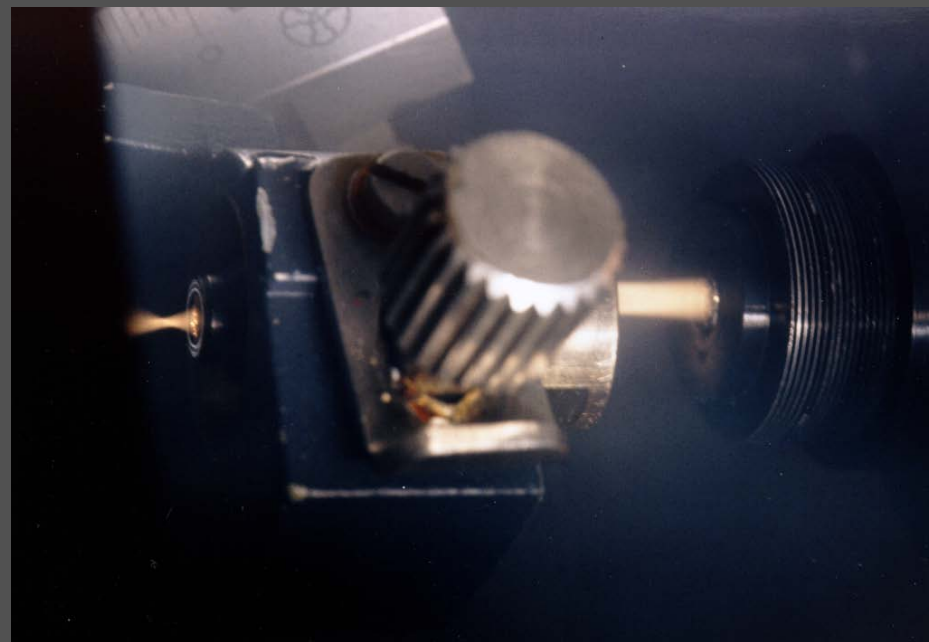
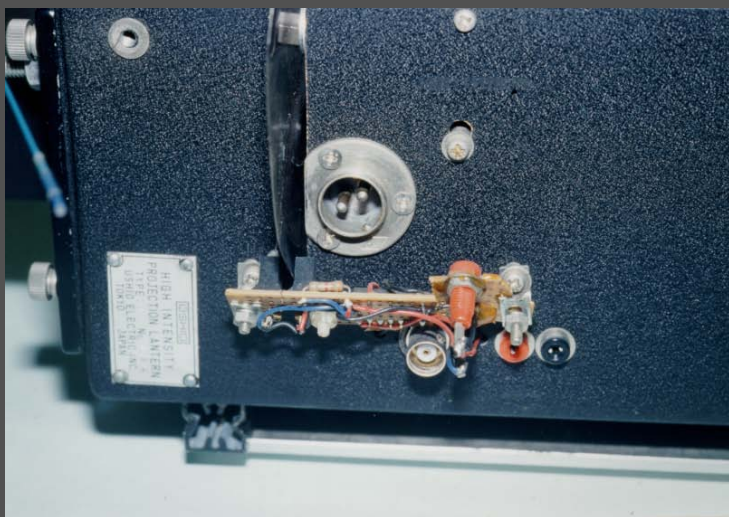
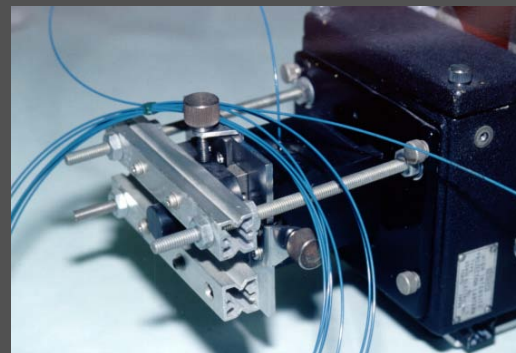
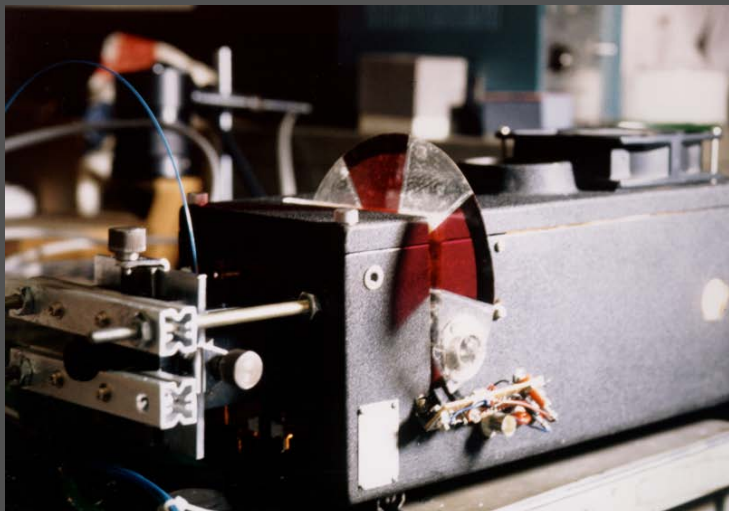


# Calibration

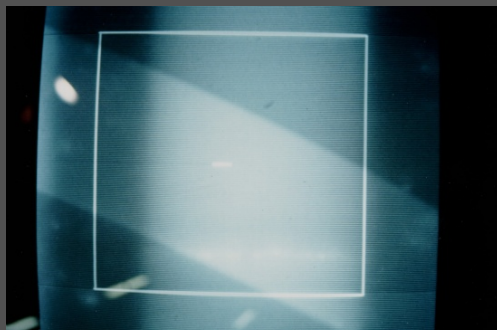
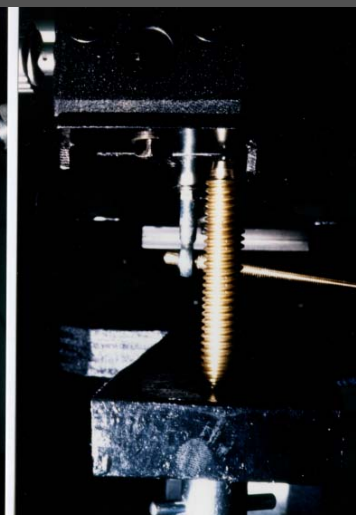
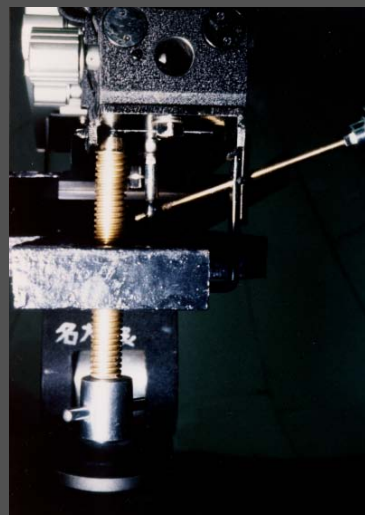
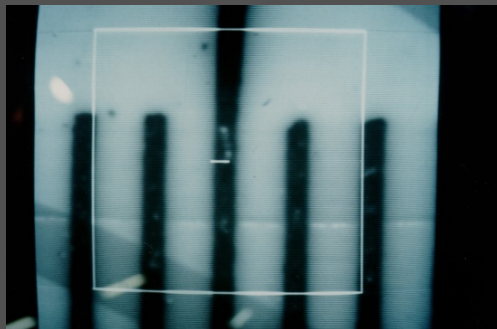
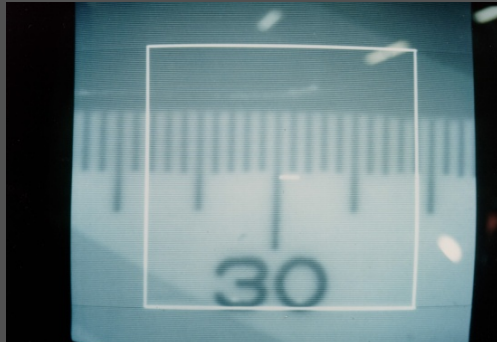




テレビ信号による記録の空間的・時間的制限をいかにして乗り越えるか  
1) 角膜投射光の改良

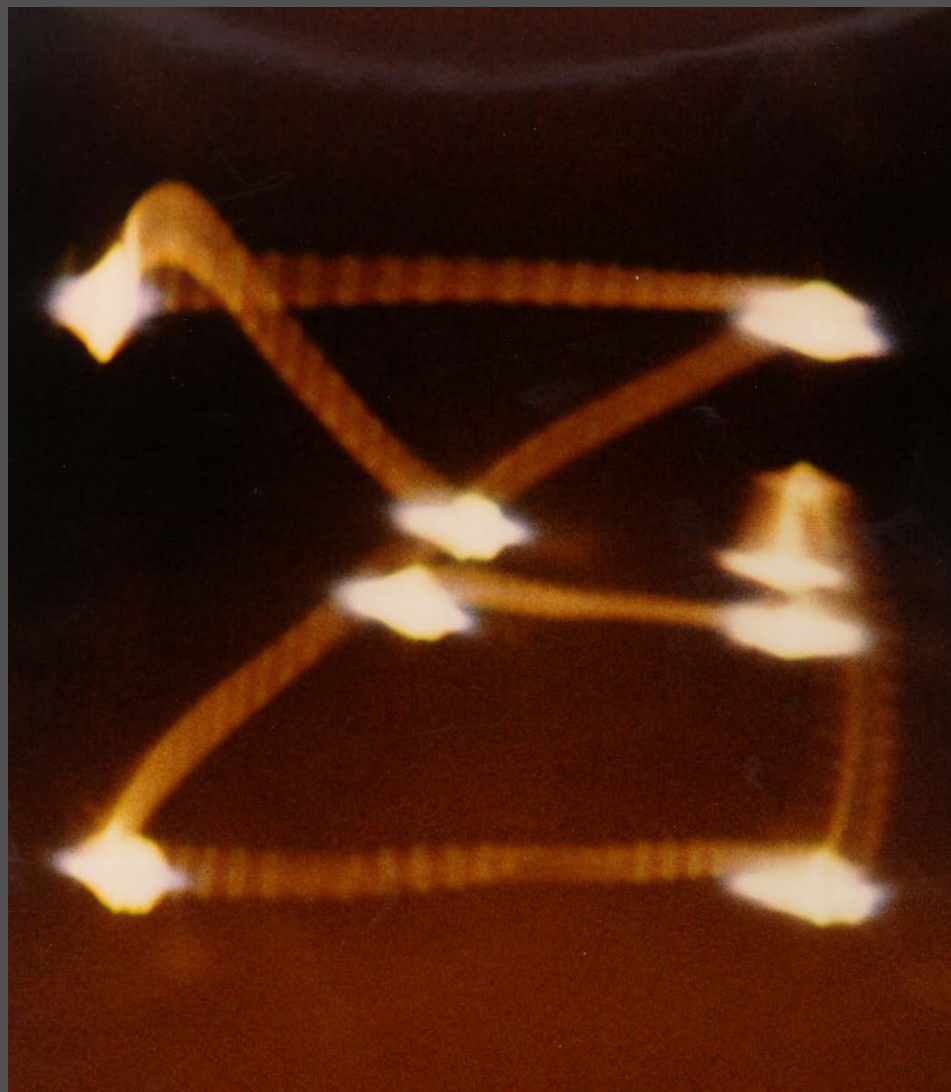
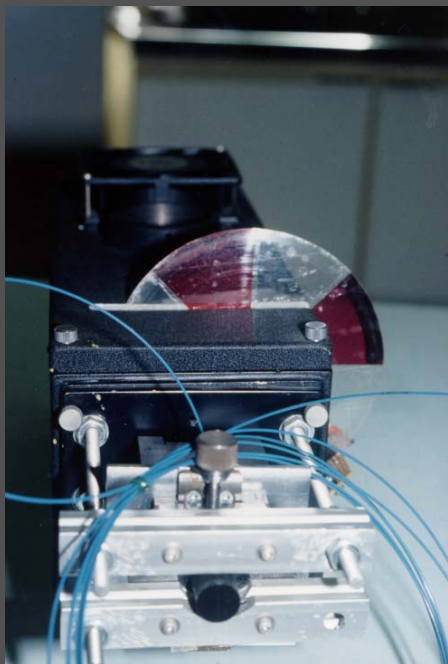


テレビ信号による記録の空間的・時間的制限をいかにして乗り越えるか  
2) 撮影光学系、特に撮影倍率のゲインの向上に伴う改造

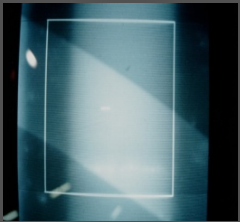




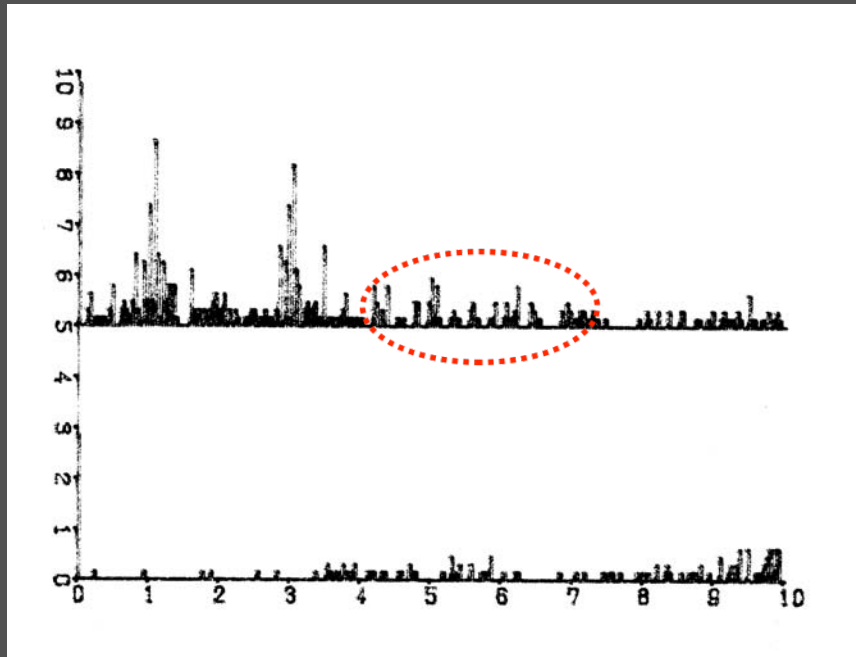
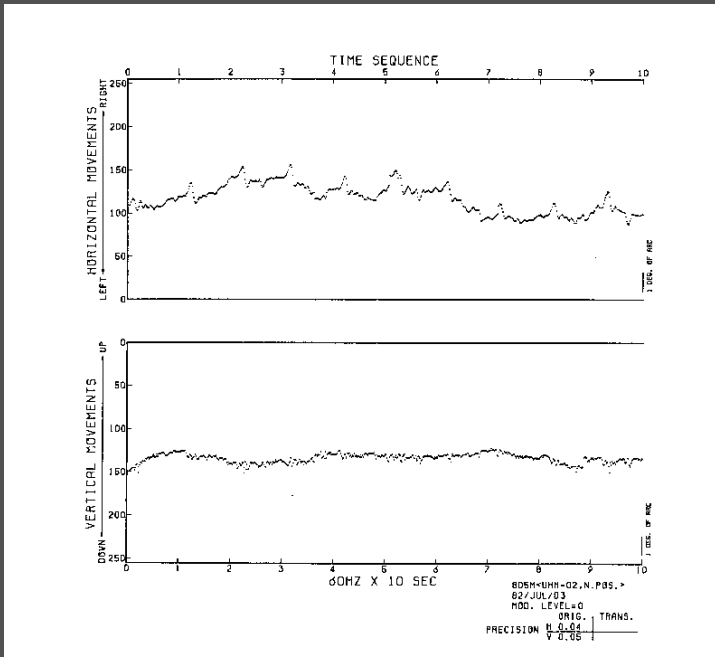
通常の撮影倍率による時間精度の向上



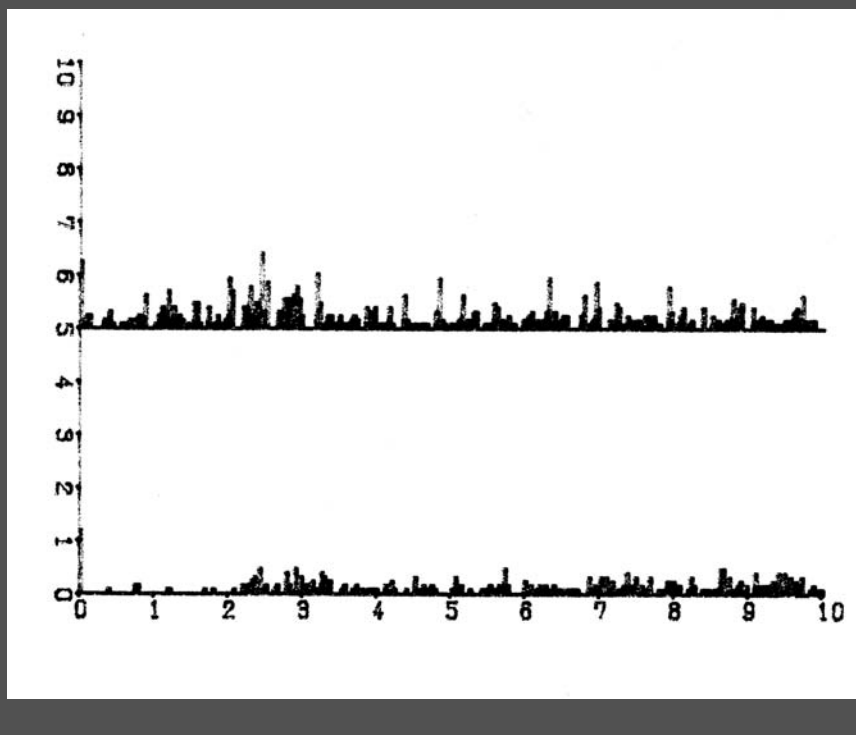
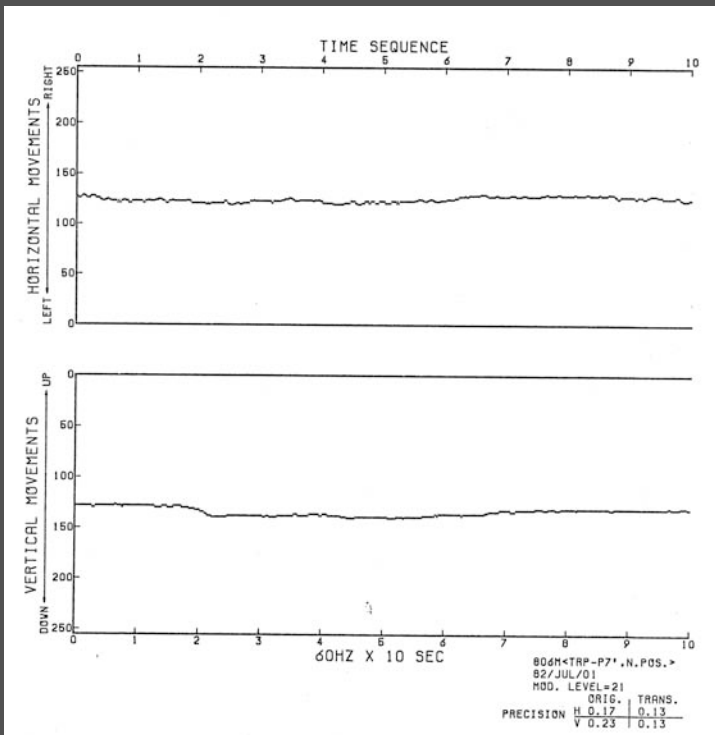
撮影倍率の向上による空間的精度の向上



Ultra High Magnification



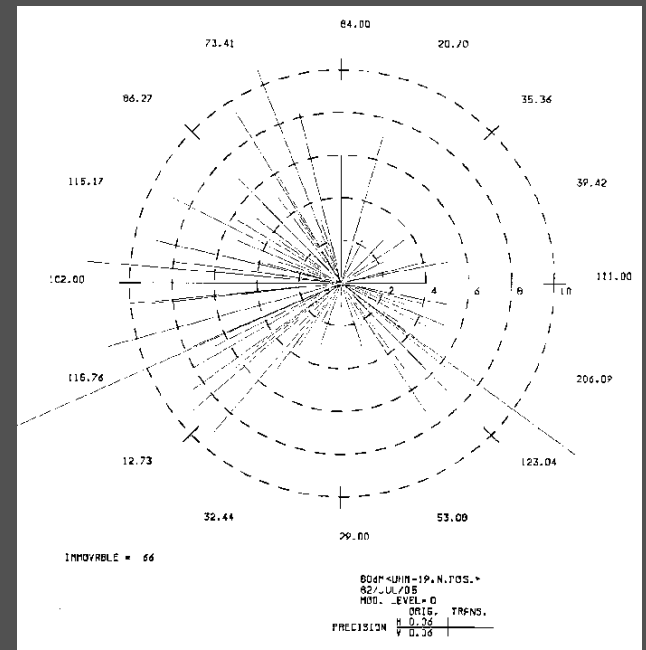
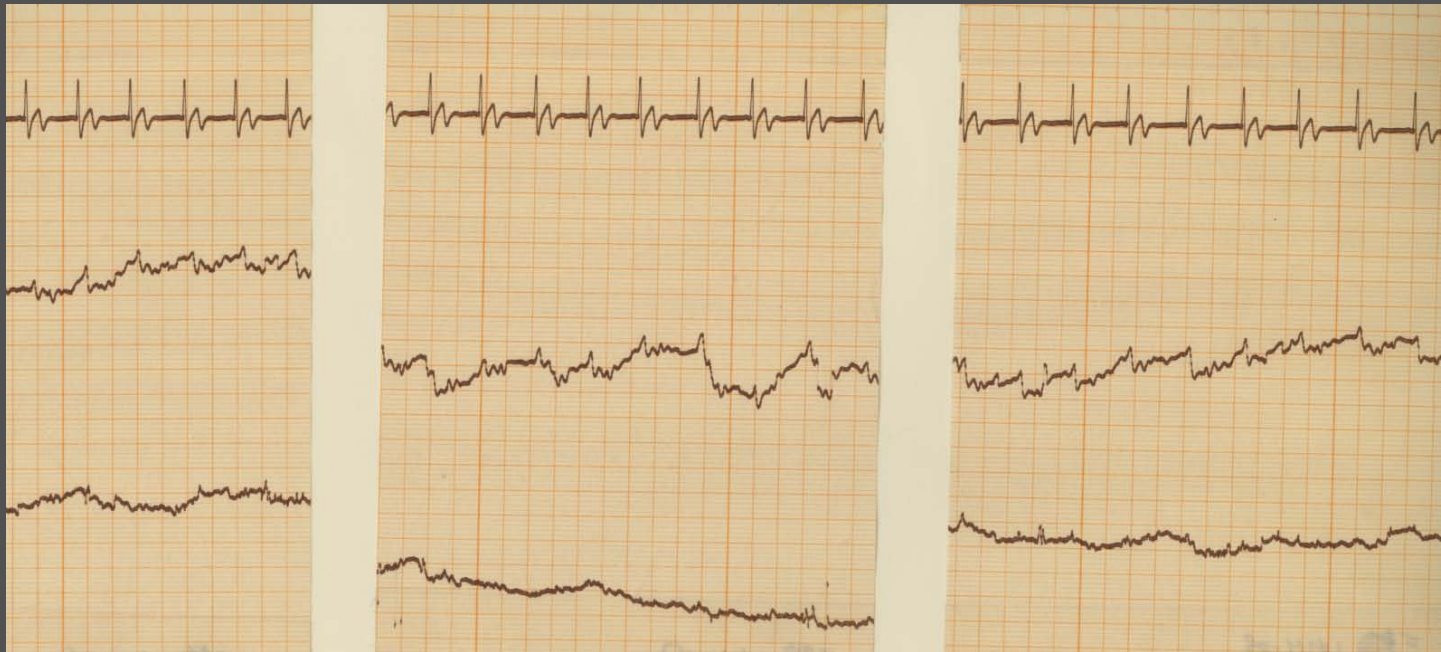
Standard Magnification



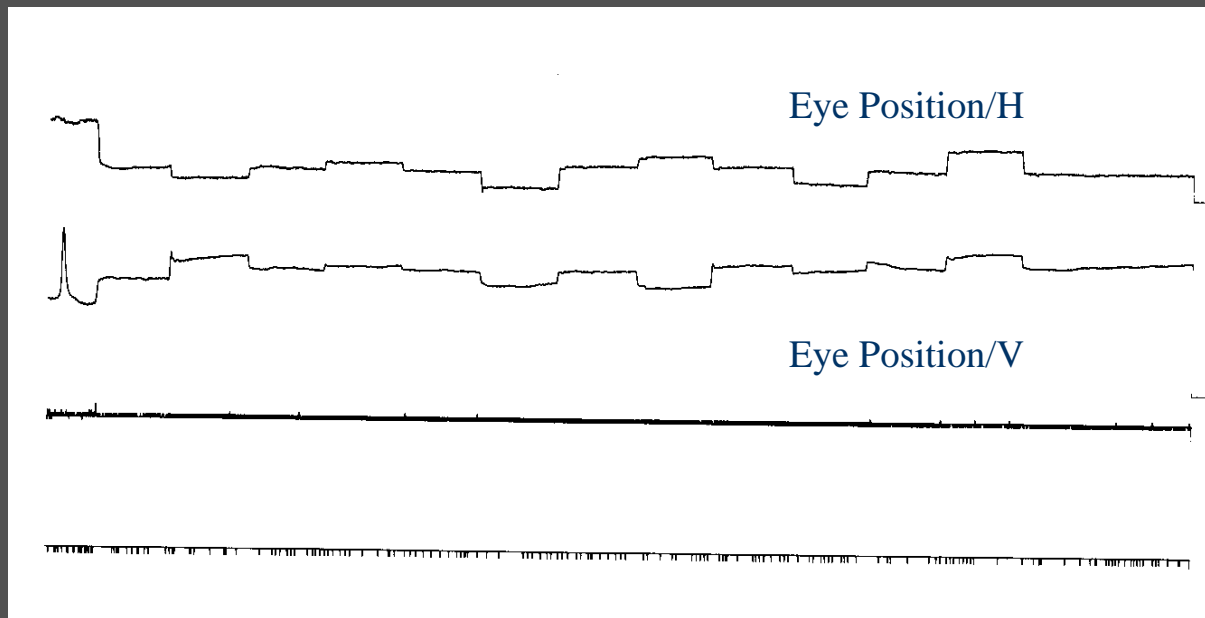
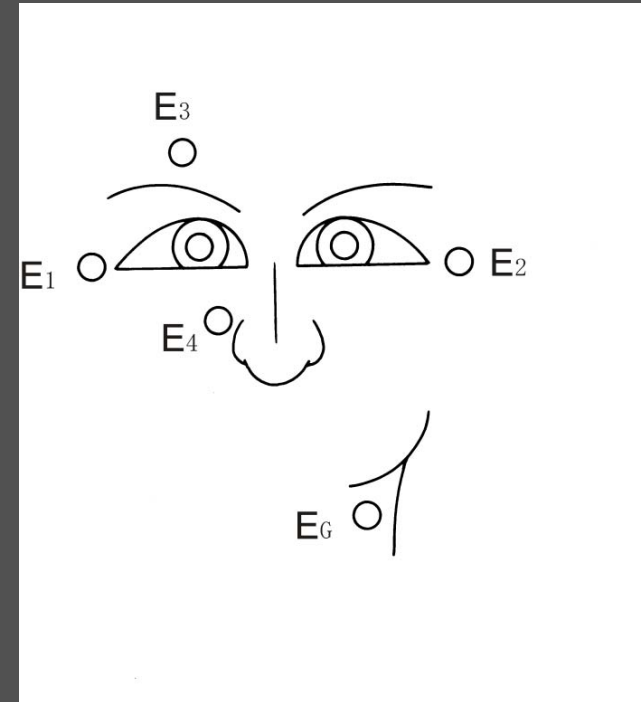
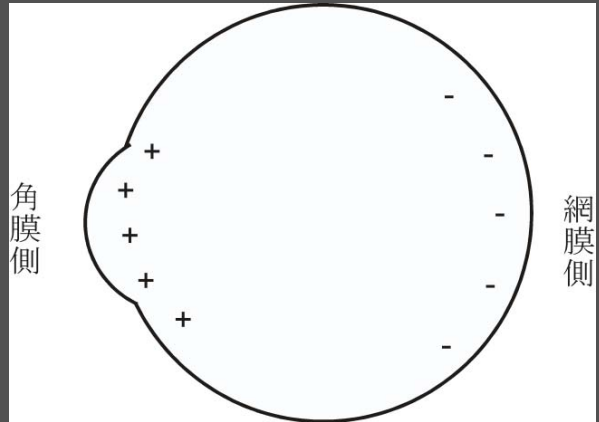
Cardio

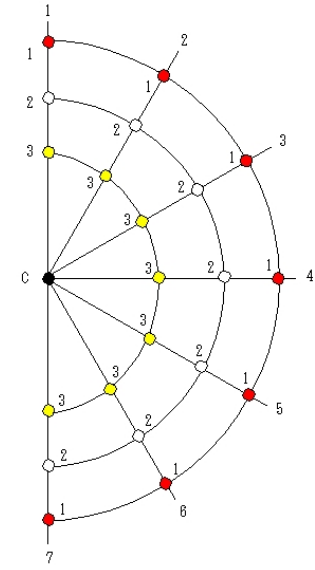
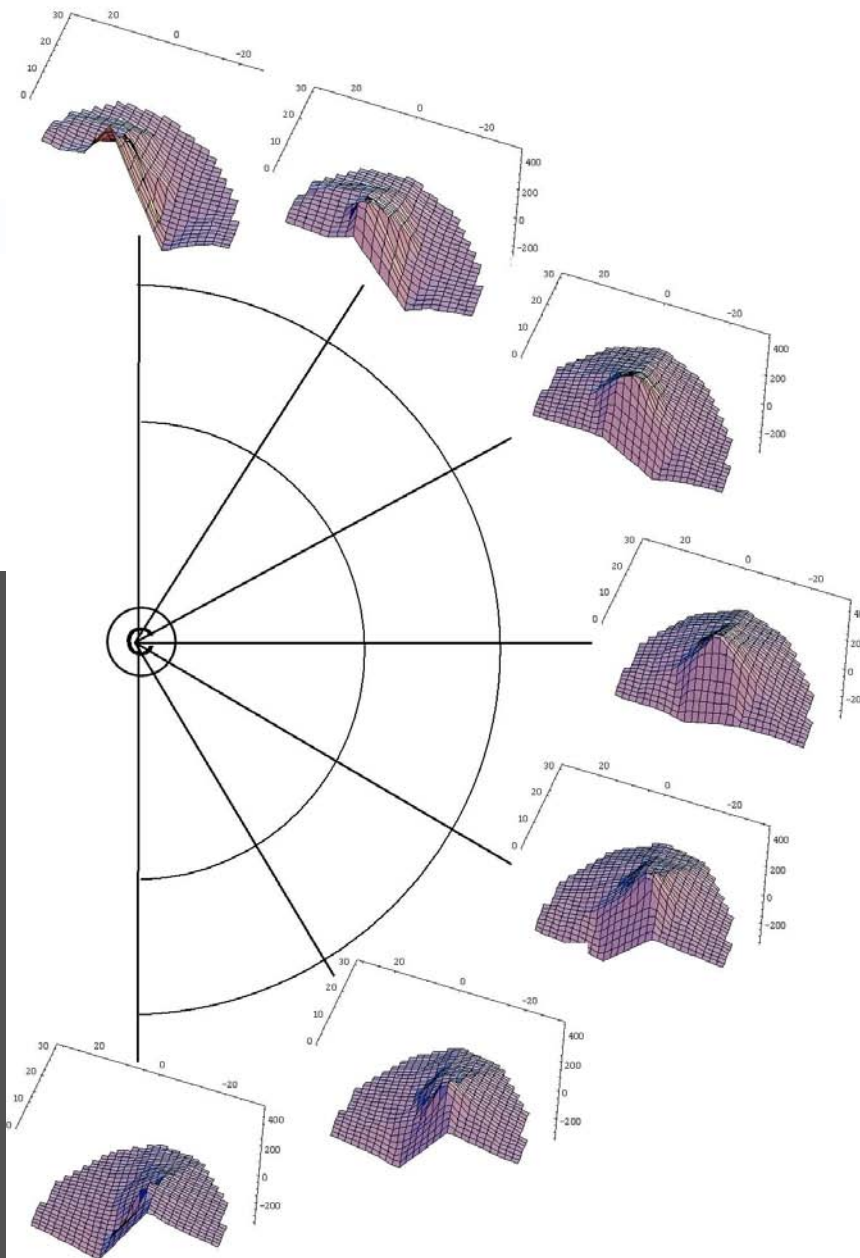
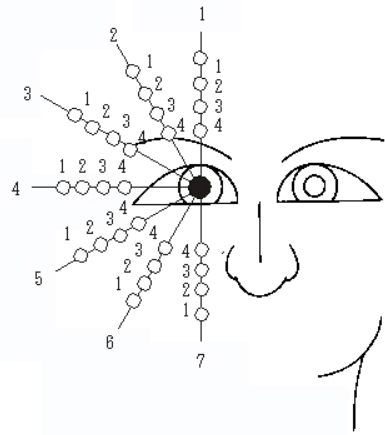
EM/H

EM/V



# Electrooculographyによる電位のマッピング







# 言語によるコミュニケーションを必要としない乳幼児の眼球運動の測定

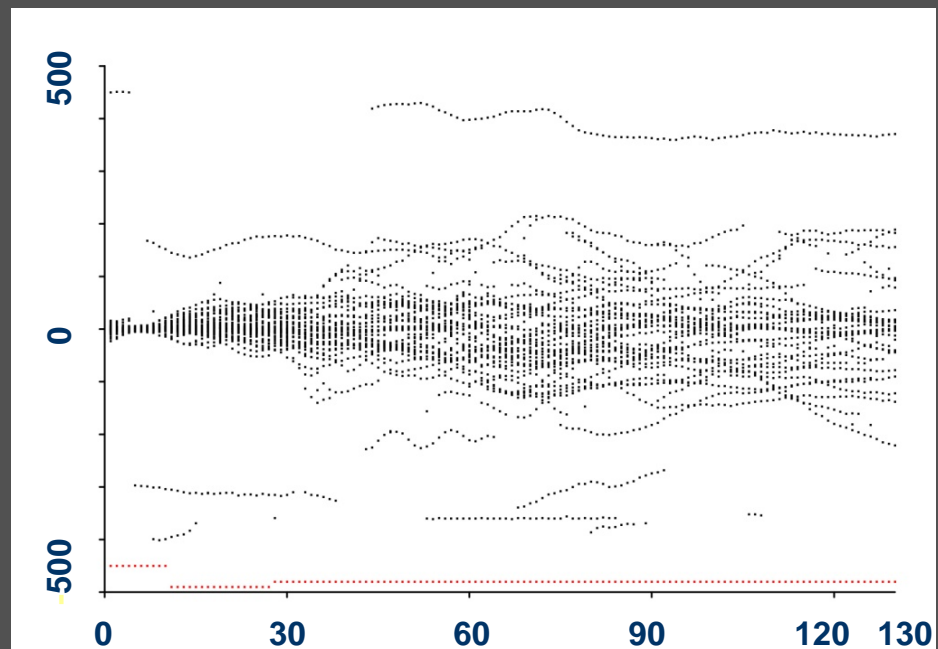


Subject: Kairi  
Male, 6 months  
64 trials

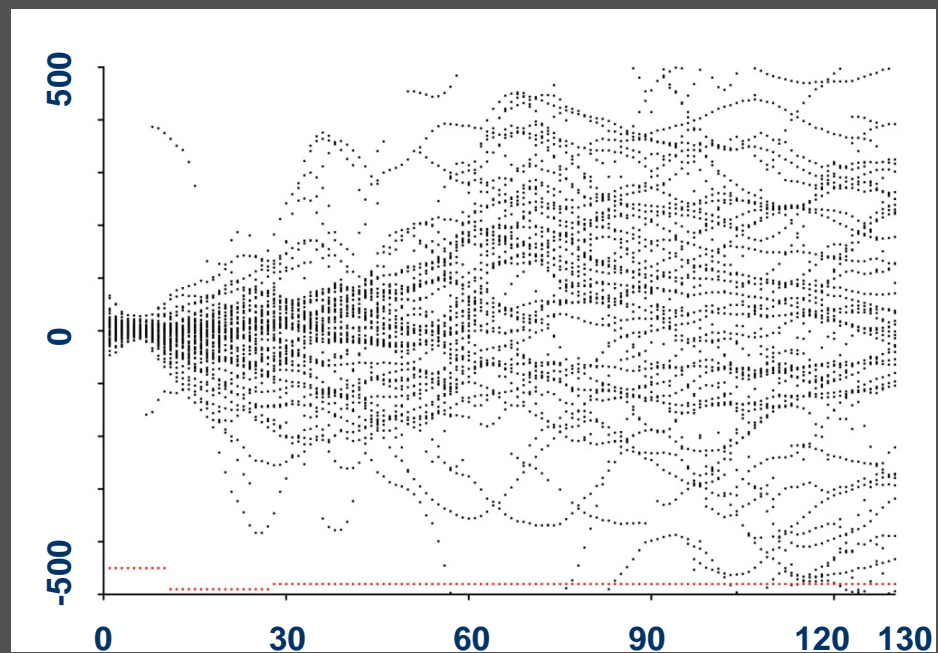
Visual stimuli



Horizontal Eye Position



Horizontal Head Position



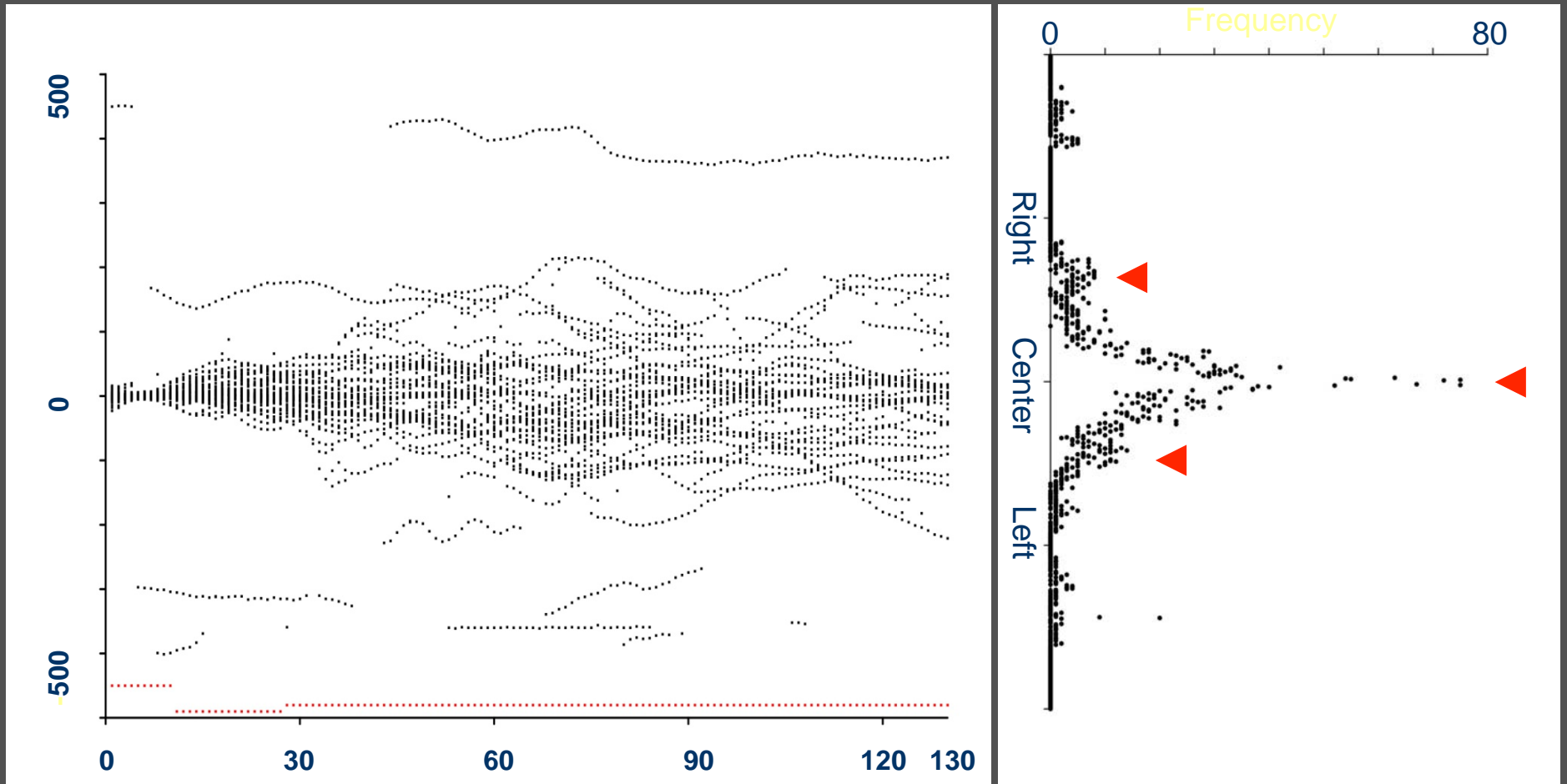
Temporal resolution 1/30s

Absolute Spatial resolution  
5118 × 3864

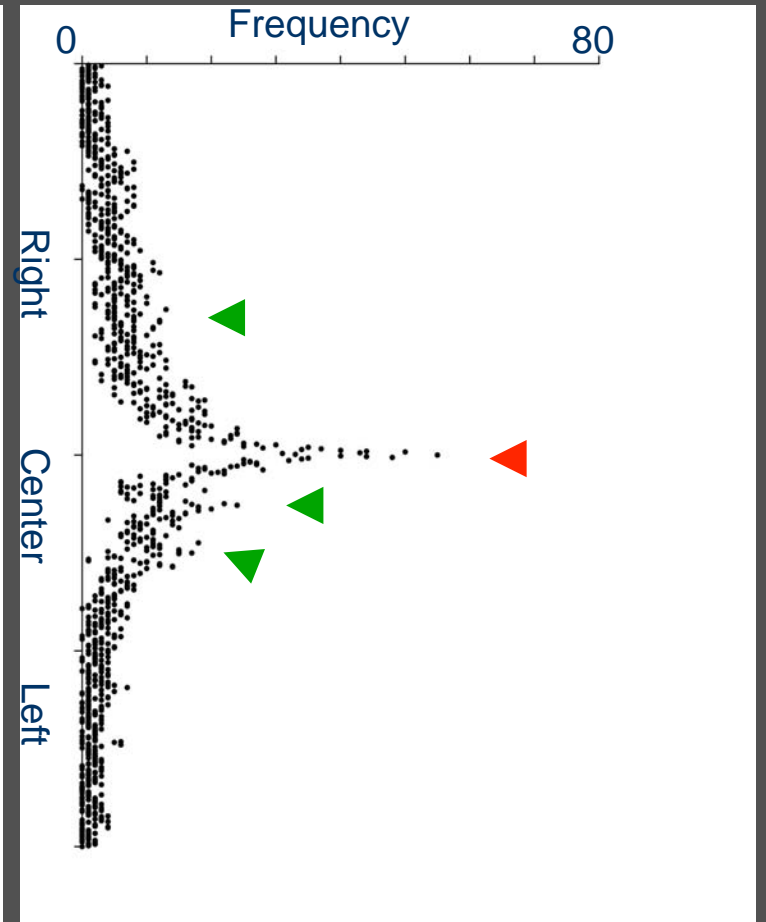
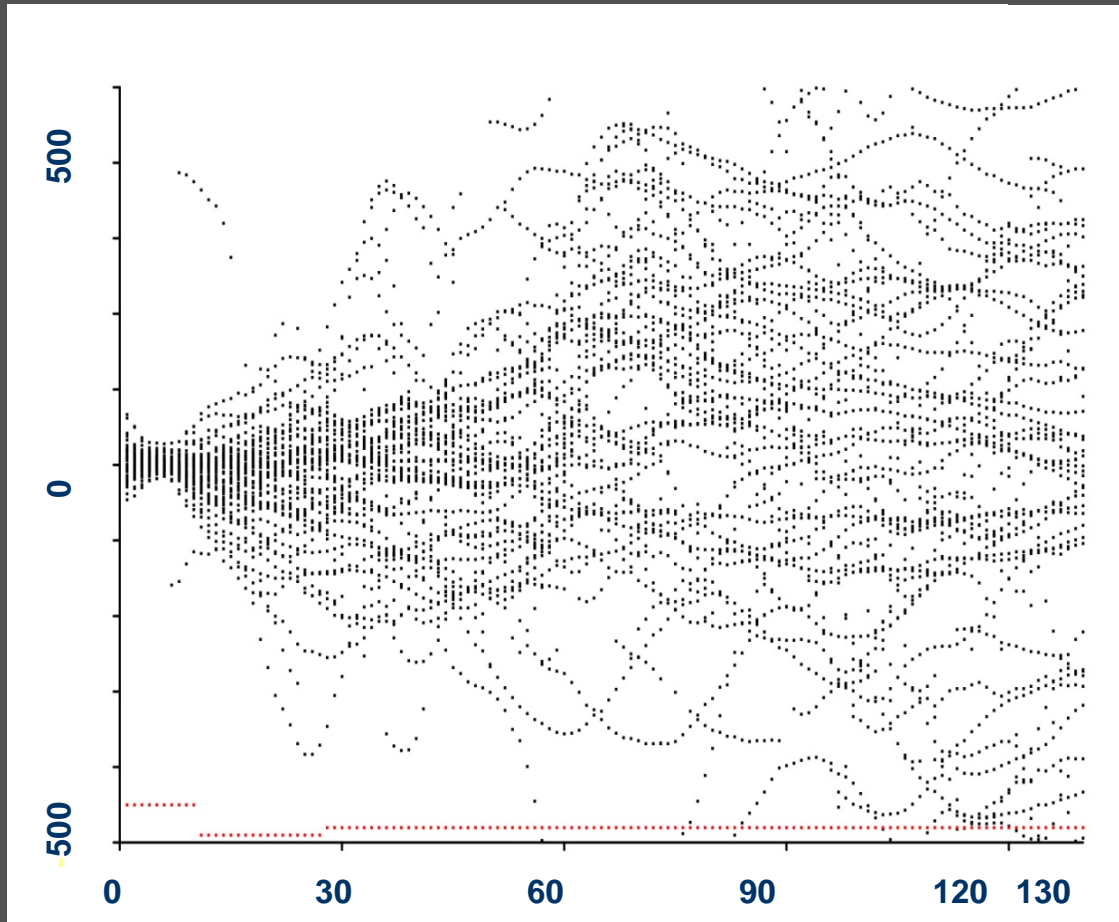




# Eye position, 64 trials

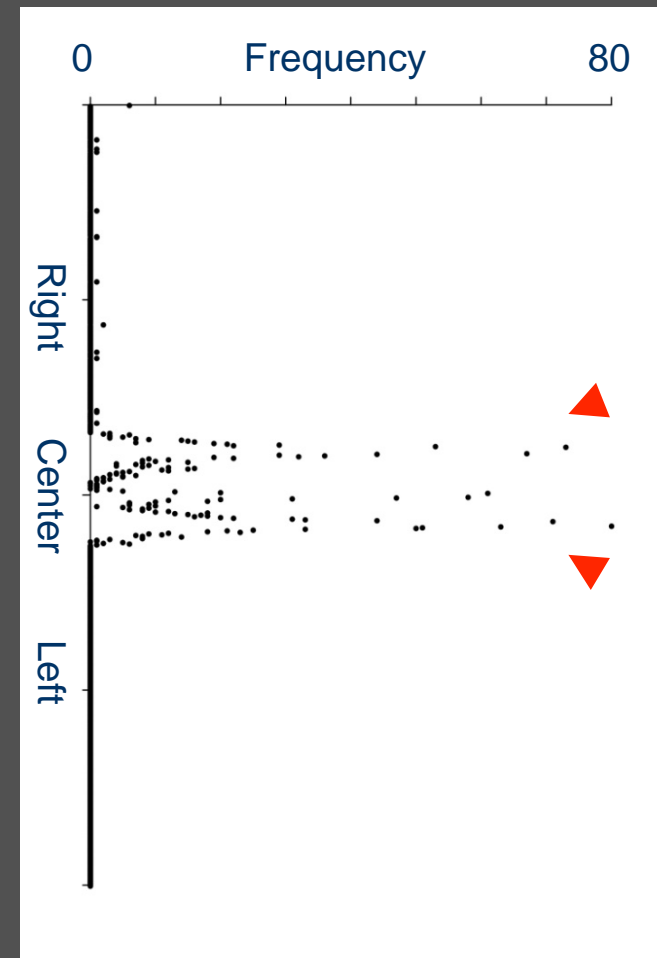
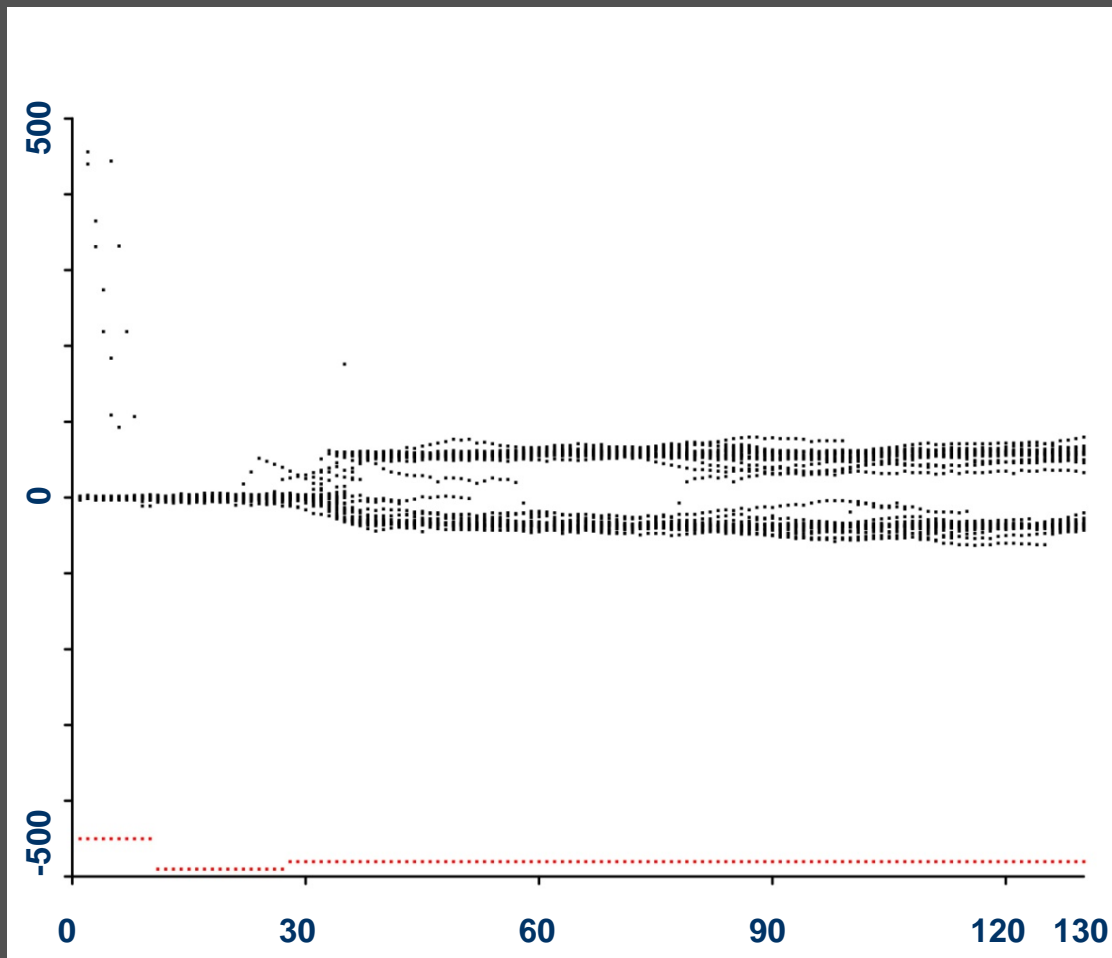


# Head position, 64 trials

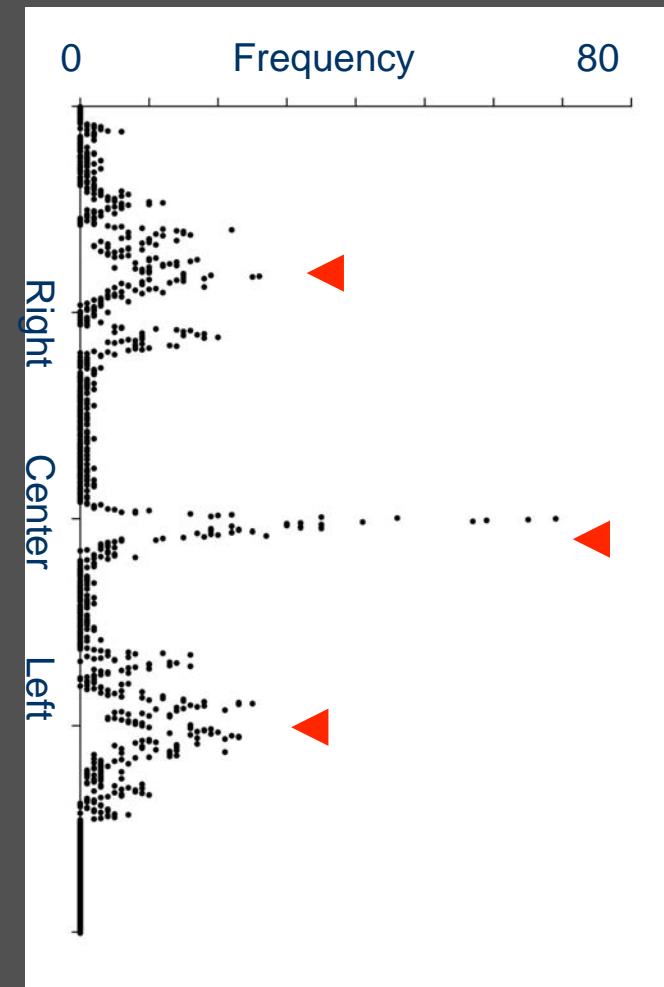
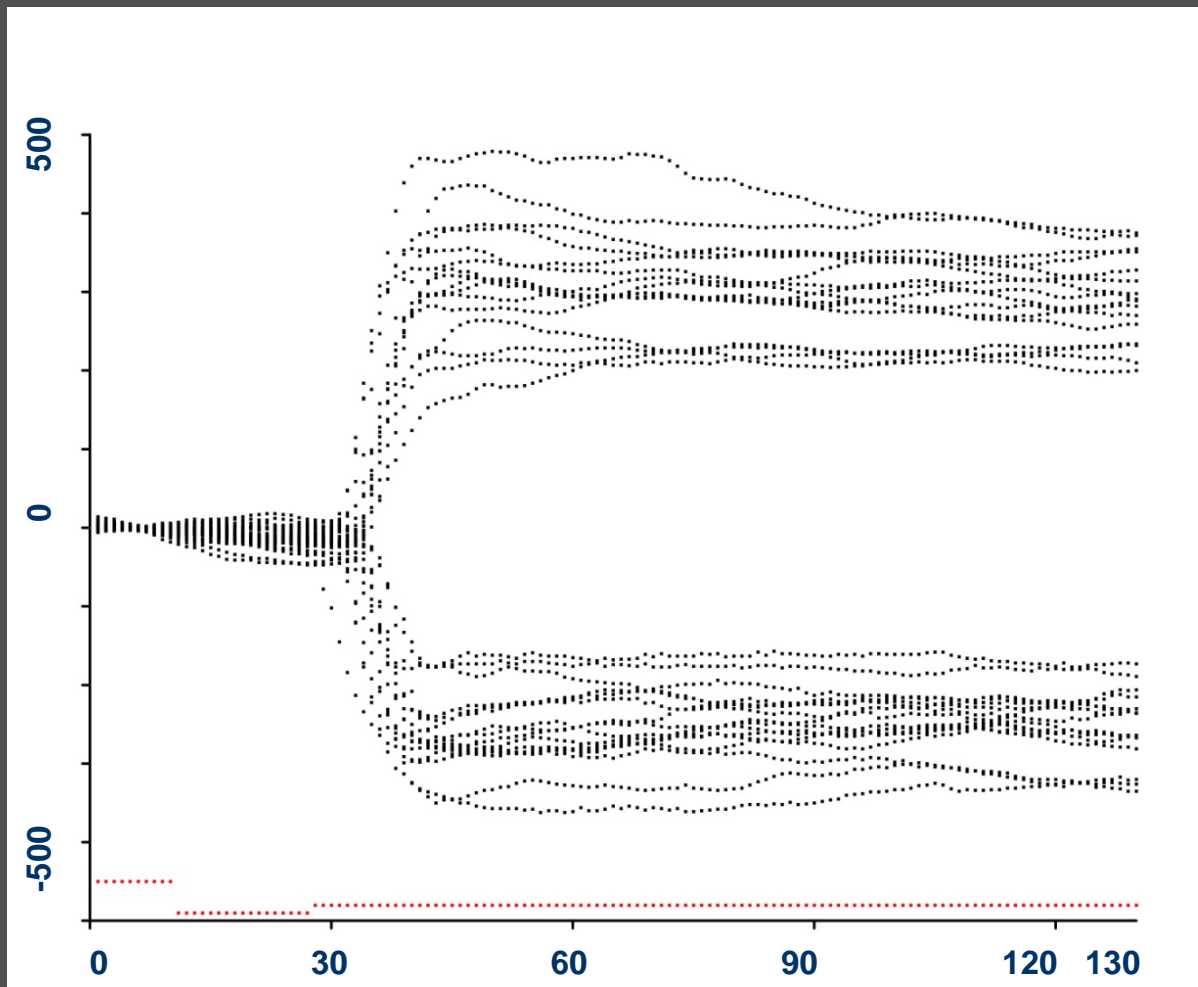




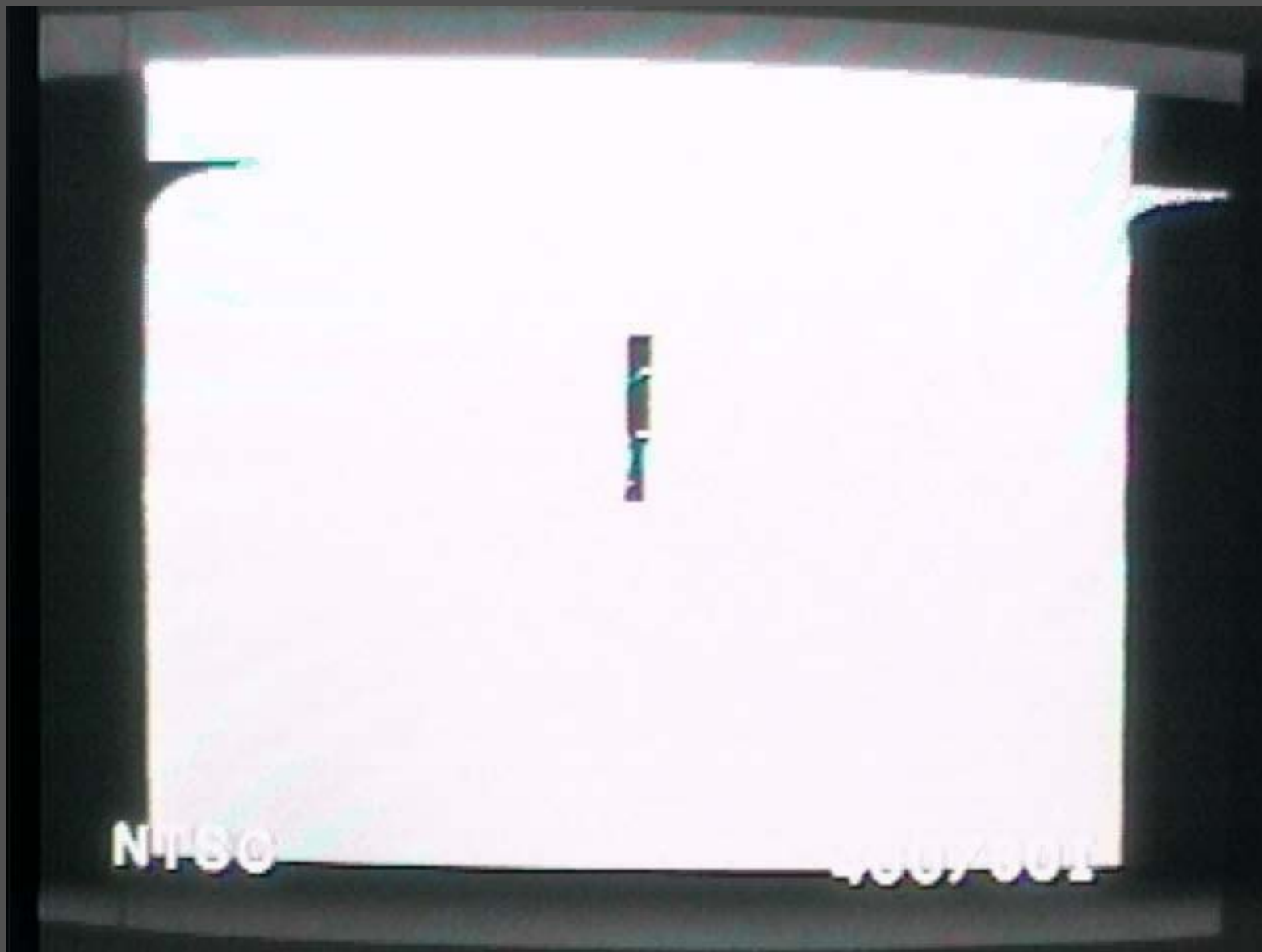
Subject: K  
female, 21 yrs old  
Eye position, 32 trials

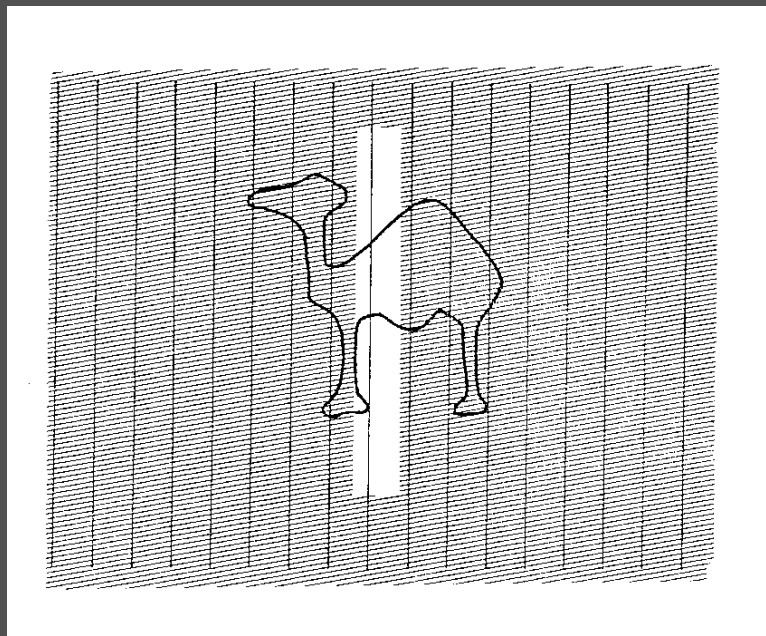


Subject: K  
female, 21 yrs old  
Head position, 32 trials

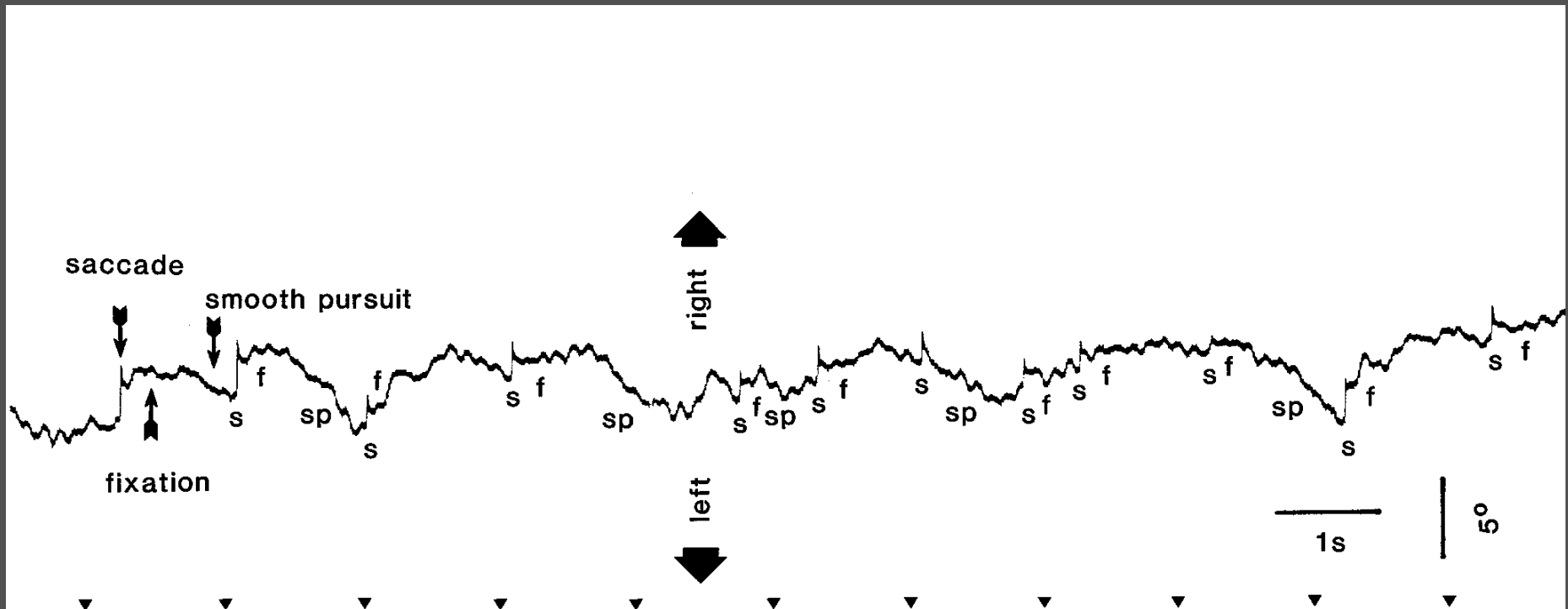


# スリットの背後を通過する2種類の物体の速度感覚





# スリット条件下での眼球運動



- s: saccade
- F: fixation
- sp: smooth pursuit
- ▼: camel appeared at the right edge of the slit



## スリット条件下での眼球運動の平均速度

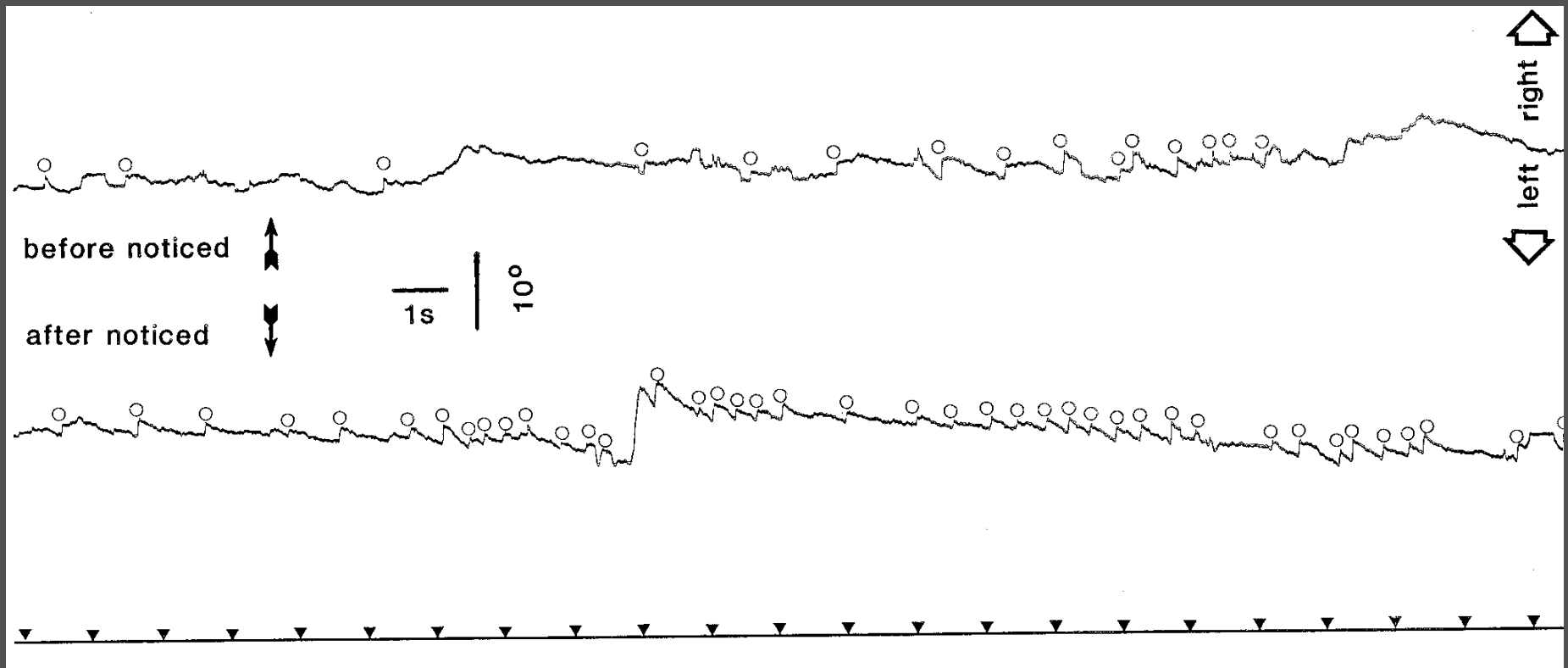
experimental condition			fast phase		slow phase		
n	slit	grid	latency (s)	magnitude (deg.arc)	duration (s)	magnitude (deg.arc)	velocity (deg.arc/s)
139	7	5	0.49 ± 0.34	1.68 ± 0.70	0.39 ± 0.27	1.77 ± 1.08	4.54
94	6	5	0.56 ± 0.35	1.86 ± 1.02	0.38 ± 0.19	1.78 ± 0.64	4.68
69	5	5	0.56 ± 0.35	1.83 ± 1.19	0.32 ± 0.17	1.53 ± 0.92	4.78
94	7	7	0.61 ± 0.35	1.67 ± 0.69	0.37 ± 0.19	1.52 ± 0.60	4.11
85	6	7	0.59 ± 0.34	1.69 ± 0.94	0.39 ± 0.24	1.52 ± 0.87	3.90
68	5	7	0.42 ± 0.35	1.58 ± 0.84	0.30 ± 0.16	1.26 ± 0.92	4.20
108	off	5	0.52 ± 0.36	3.72 ± 2.27	0.58 ± 0.36	3.40 ± 2.19	5.86
91	off	7	0.59 ± 0.38	4.65 ± 2.53	0.76 ± 0.41	4.30 ± 2.41	5.65

Slit-on

Slit-off

Velocity of camel motion: 5.4deg/s

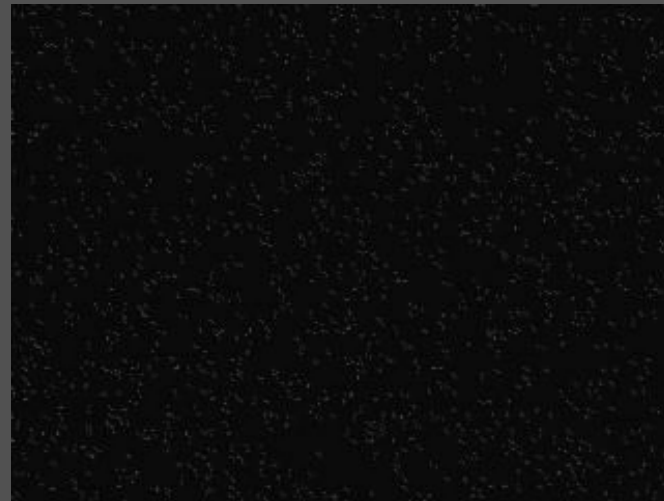
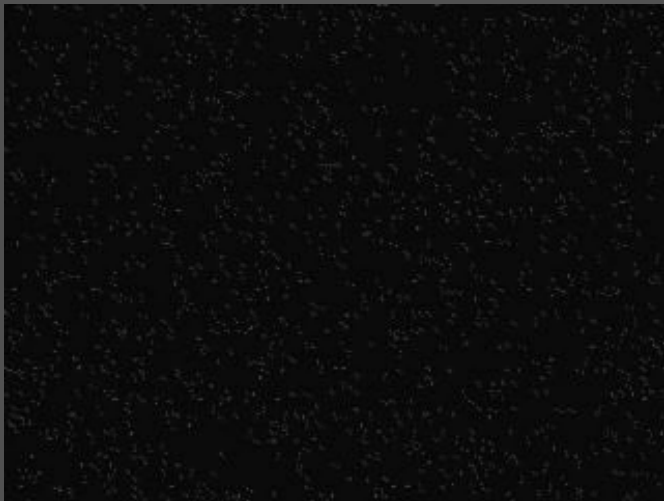
# スリットの背後の視対象が認識できない場合と 出来た場合の眼球運動の相違



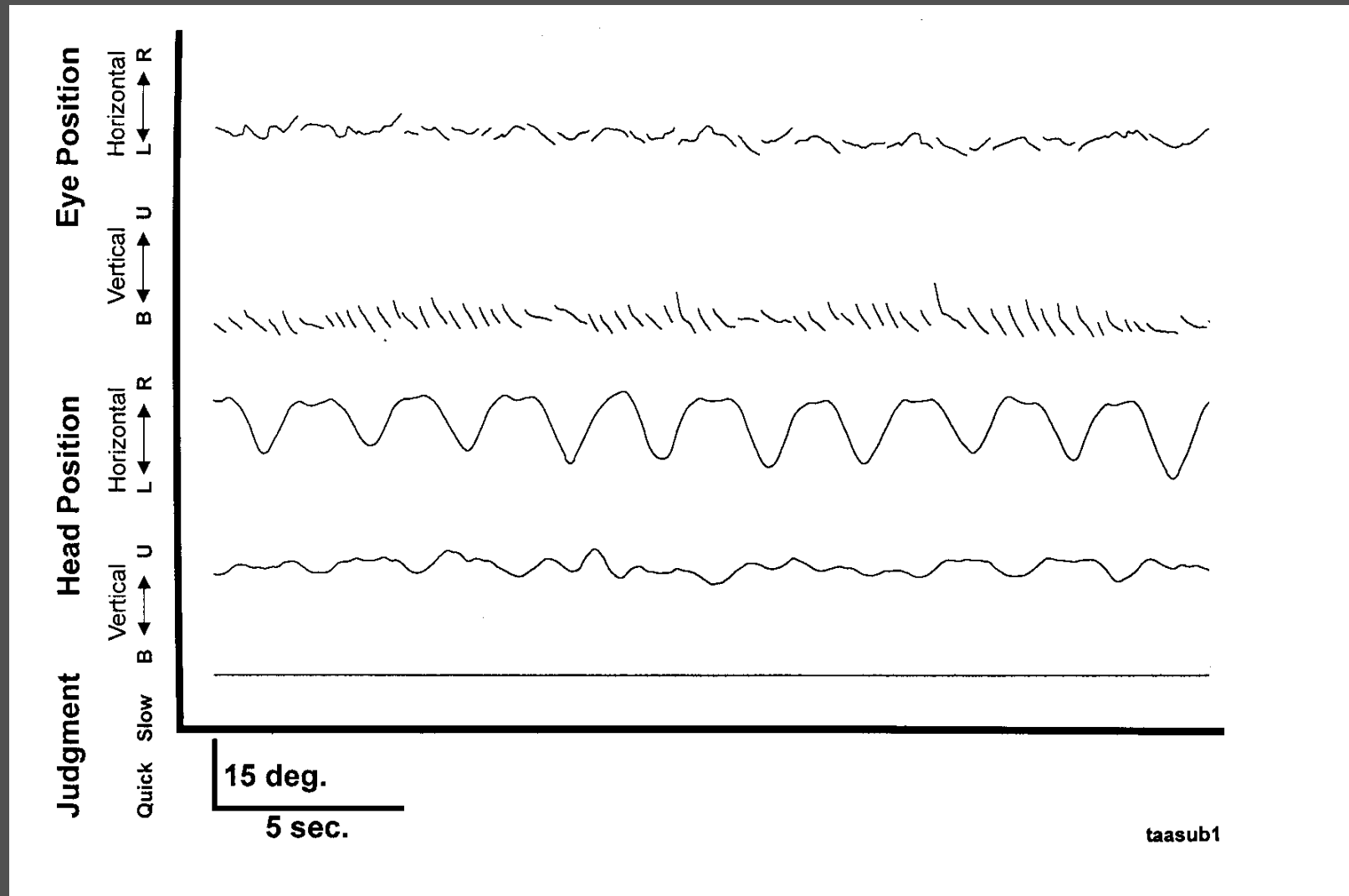
頭部運動に伴う反射性眼球運動に起因する運動知覚の変容



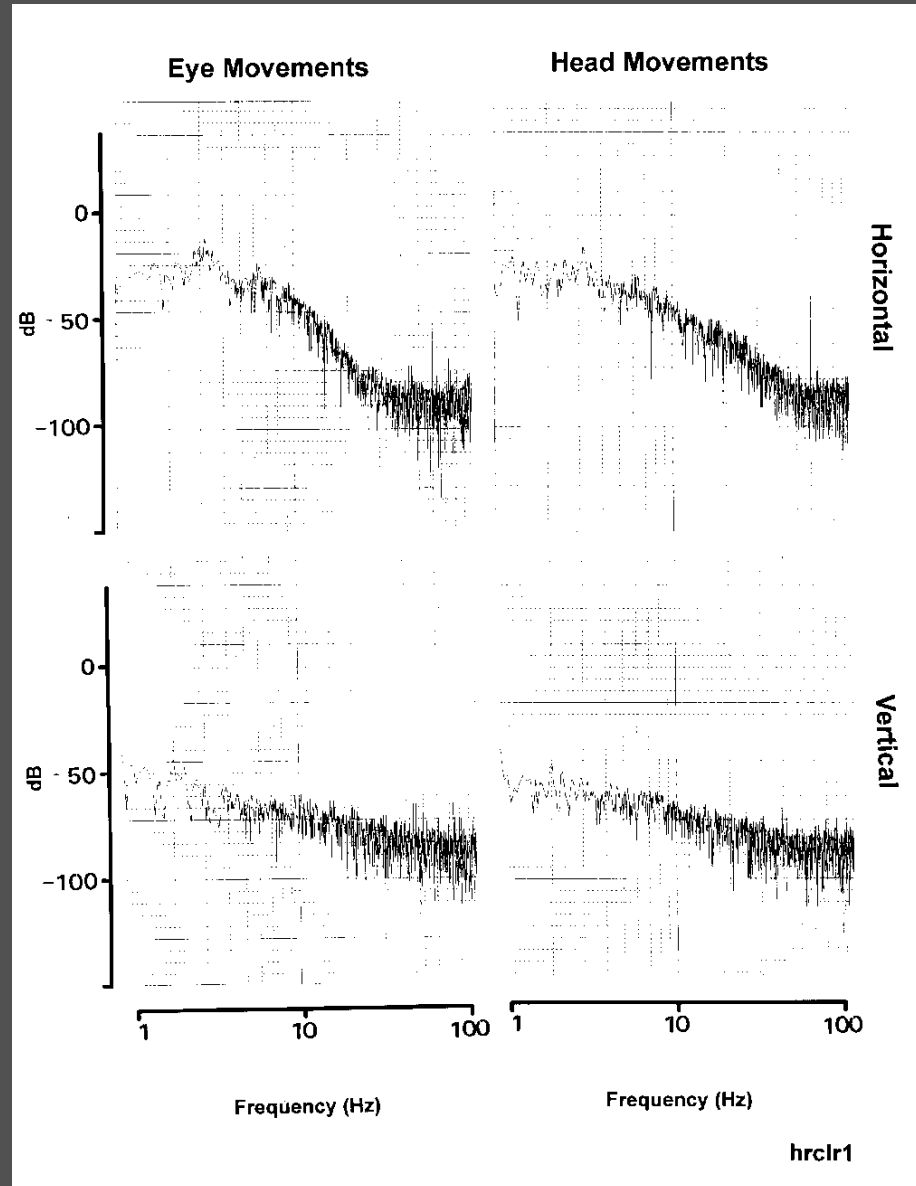
# Lateral and vertical motion on HMD



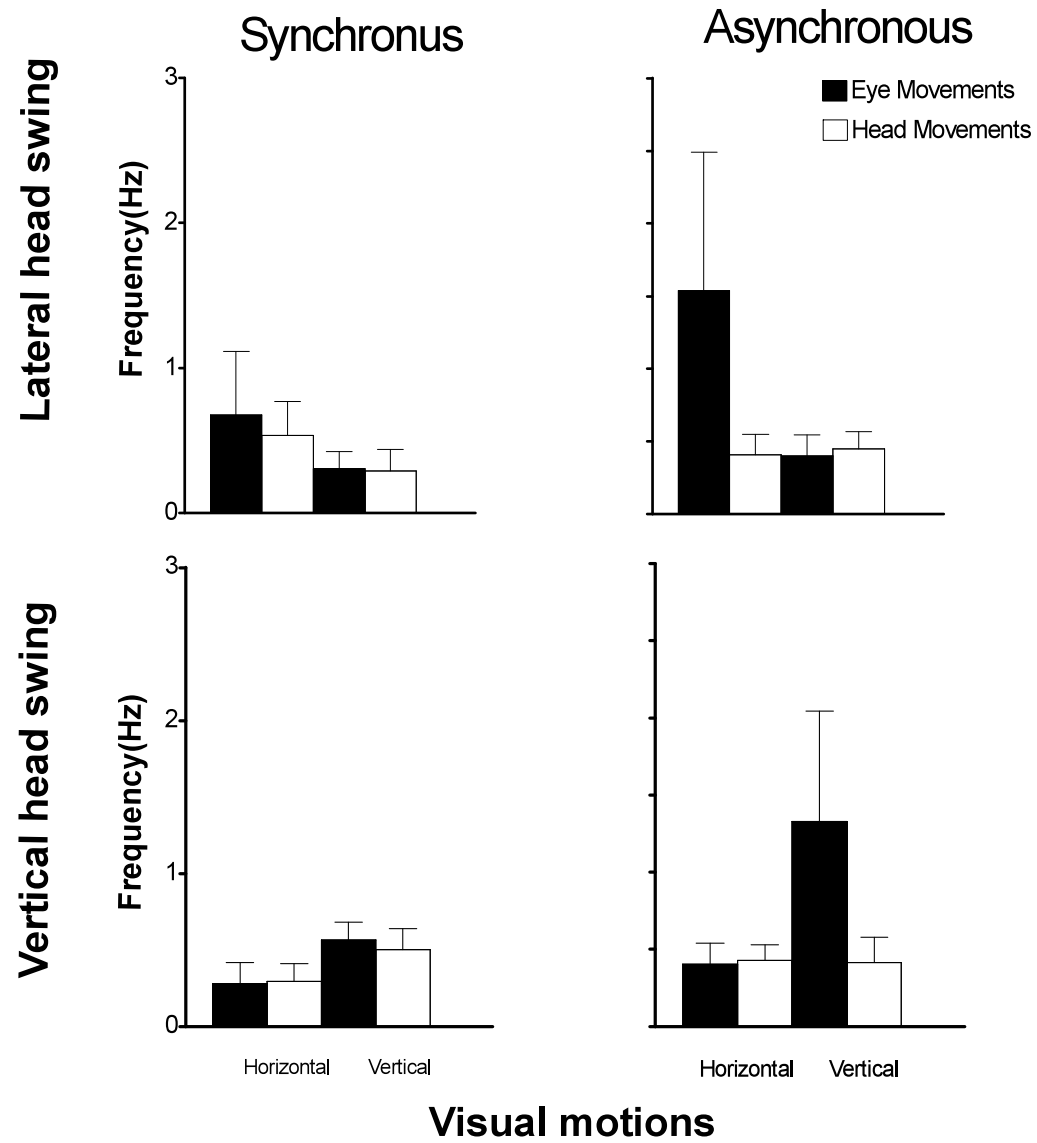
# Asynchronous conditions: Active horizontal head swing with vertically scrolling visual stimuli from up to down



# Most dominant frequency for eye and head movements



# Results



# Passive head/body swing: Laterally or vertically



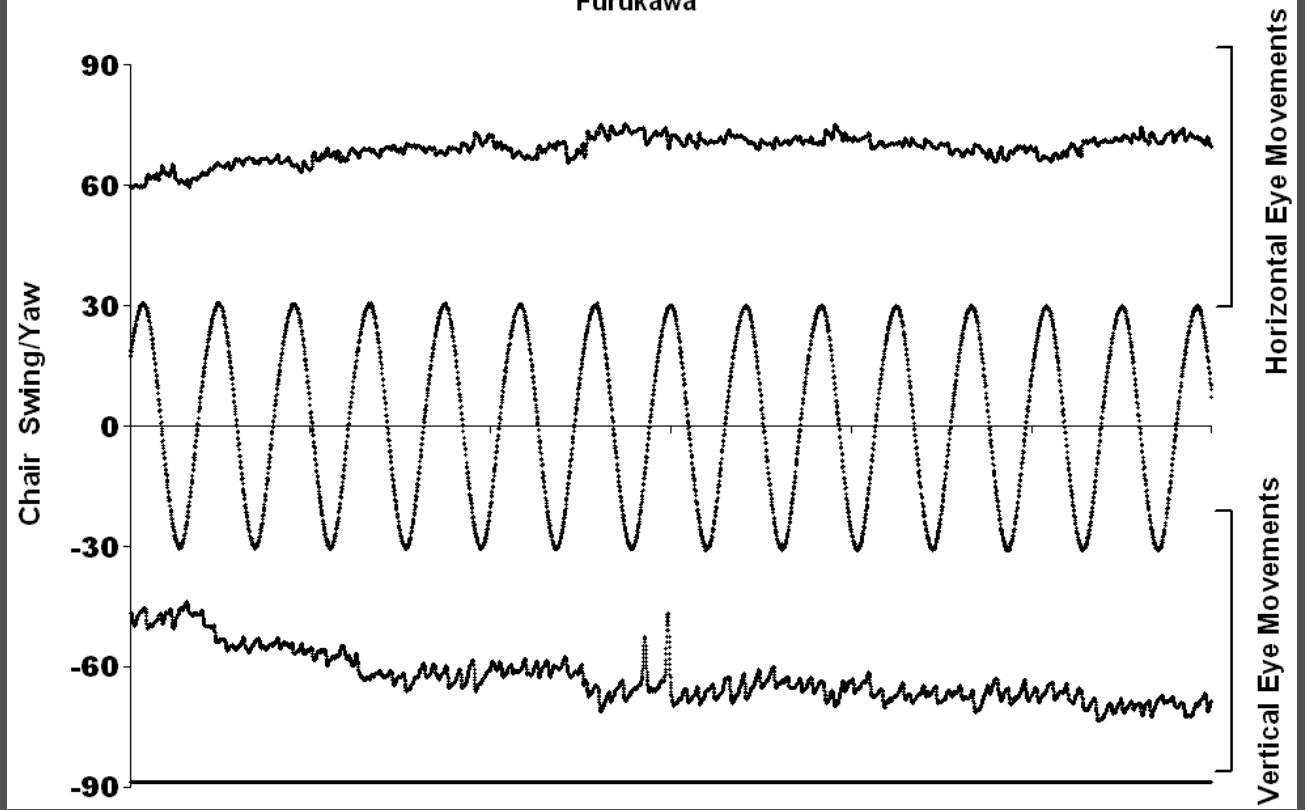
Yawing



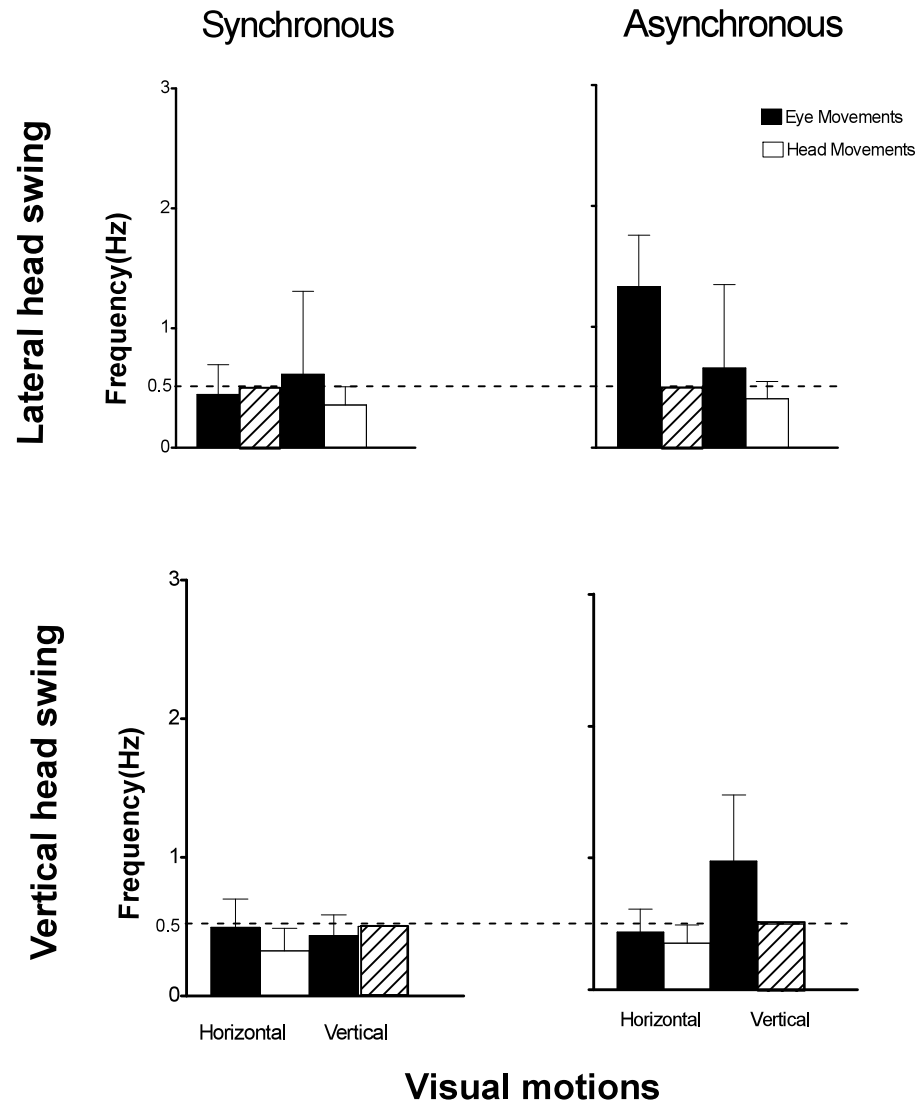
Pitching



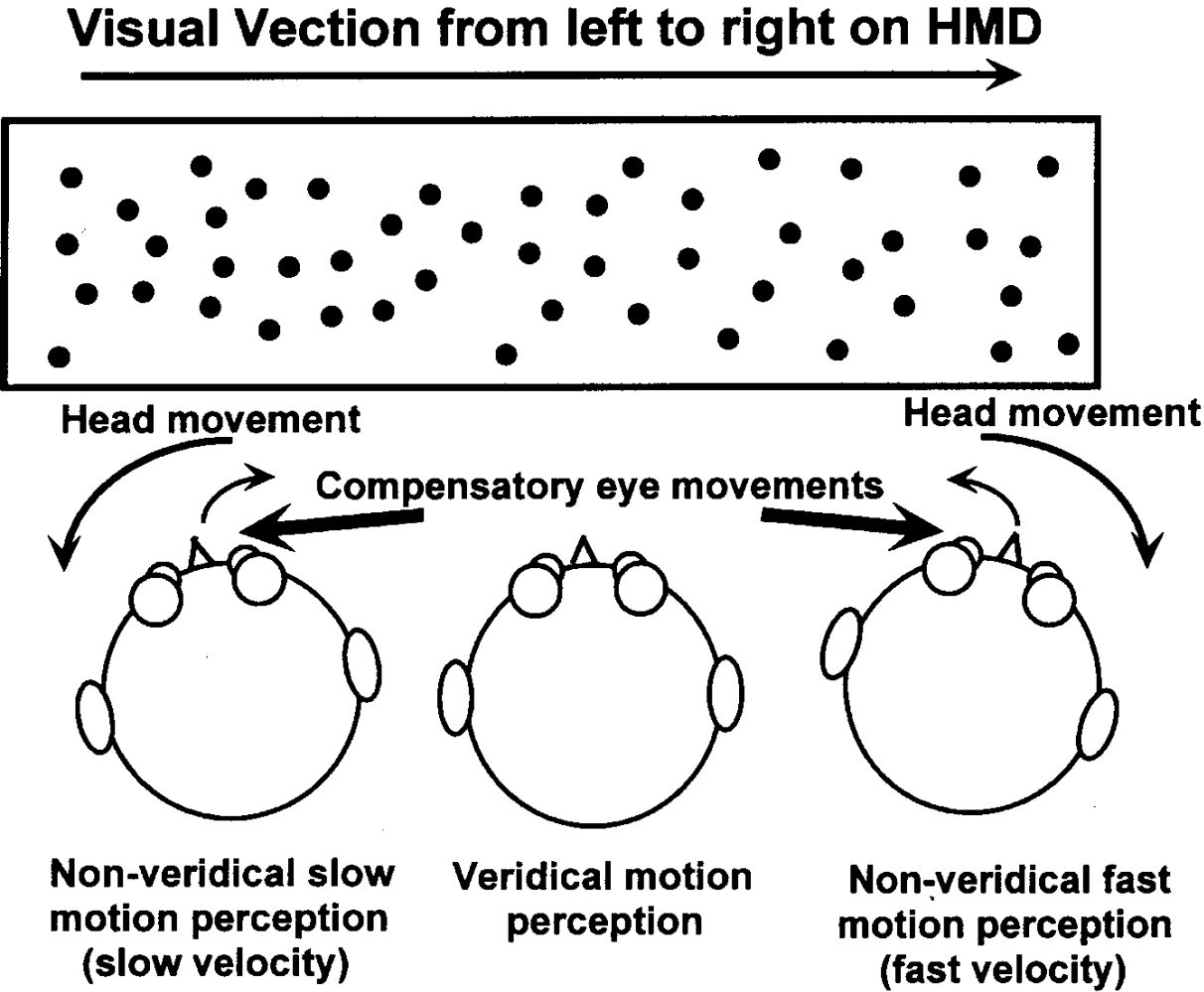
Chair Swing/Yaw, 0.5Hz  
Visual Stimuli/Bottom to Up, 80deg/s  
Furukawa



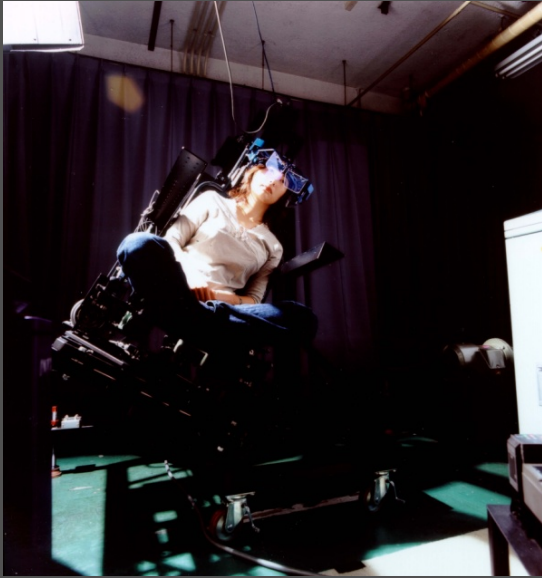
# Results



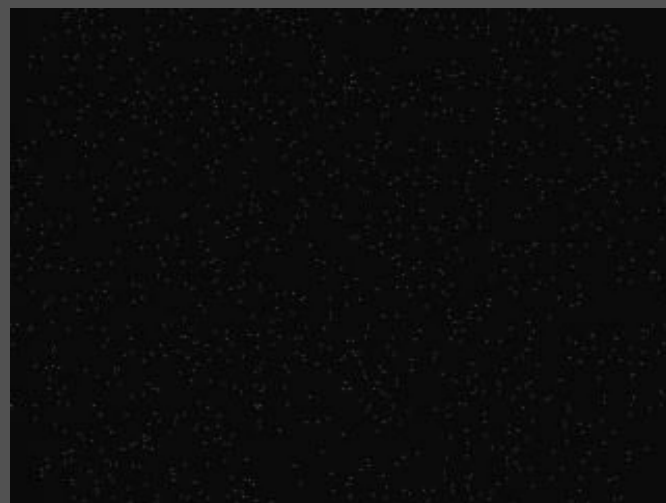
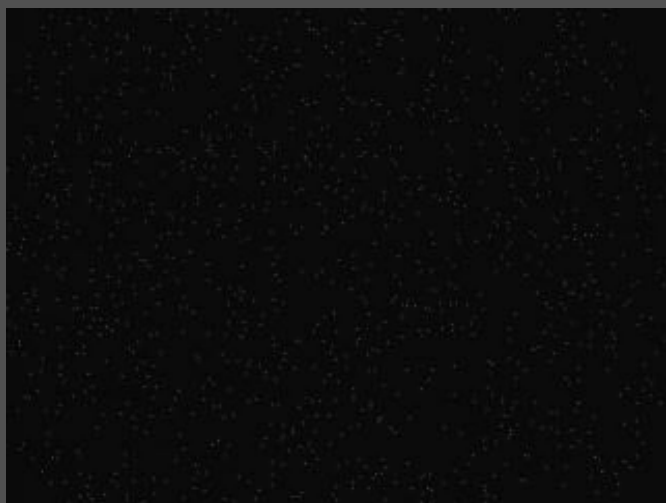
# Non-veridical motion perception modified by eye movements elicited by head movements



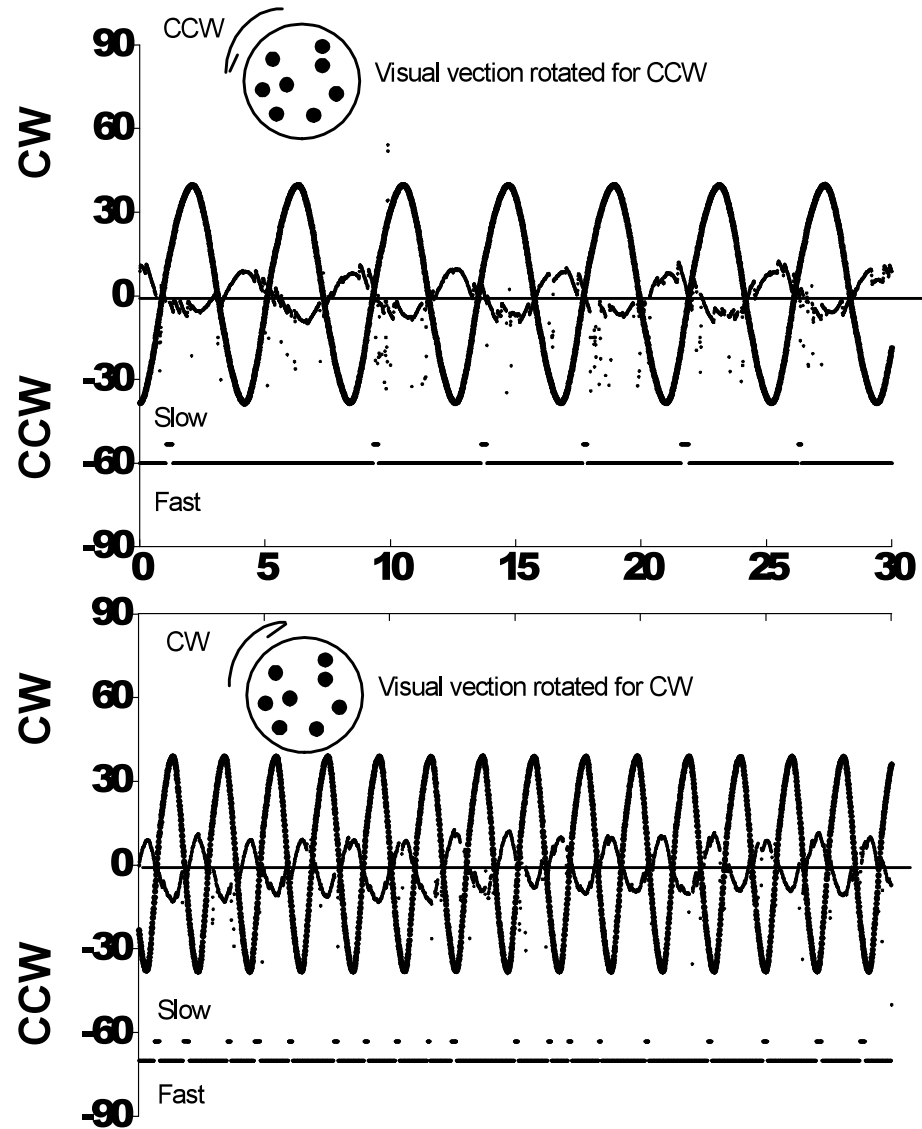
# Passive rolling and torsional eye movements



# Rotating visual stimuli



# Results



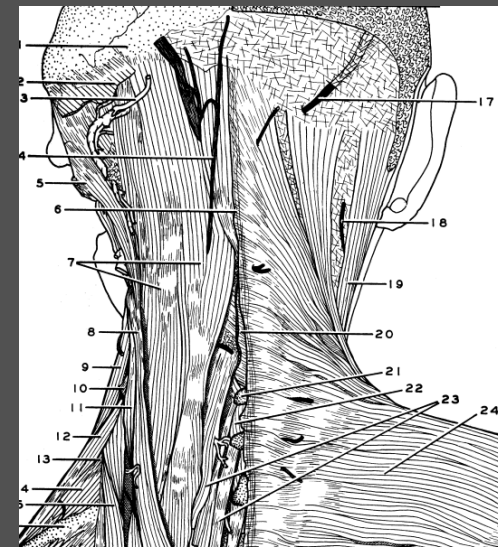
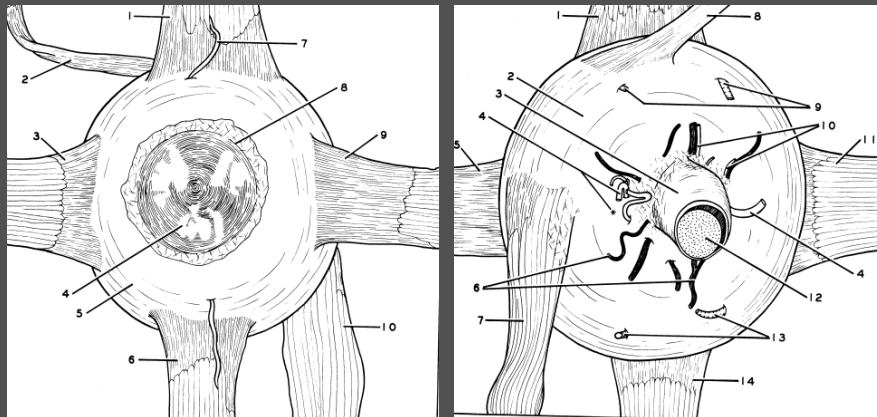
# 重力に特殊的に発達した機構とそうでない メカニズム

## 抗重力筋

僧帽筋, 各種下腿筋, 各種上腕筋, 背筋, 等々多くの骨格筋

## 非抗重力筋

外眼筋, 眼輪筋, 表情筋, 口唇周囲の一群の筋, 声帯,  
手指を構成する一群の筋,



# 重力に関する環境の変化に対して順応する ダイナミズムと、不可逆的可塑性を示す特性

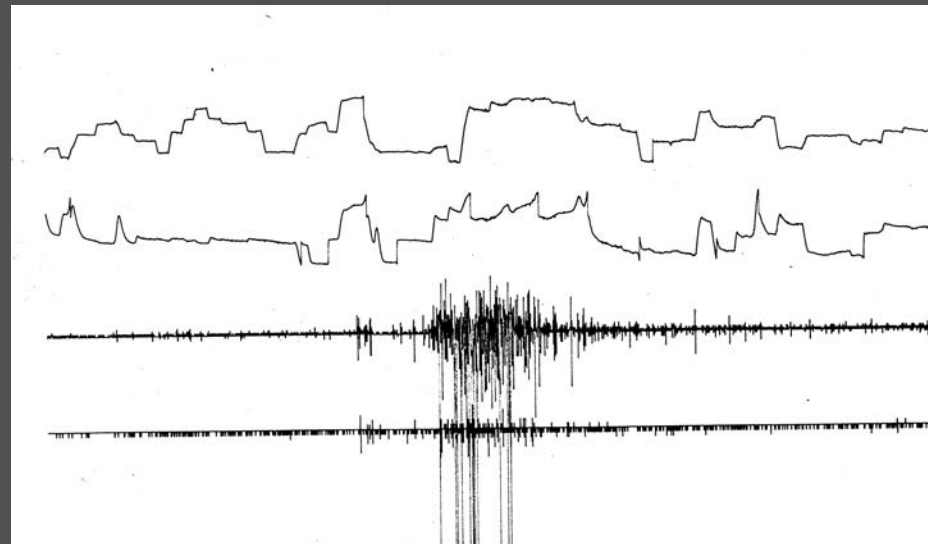
重量とマッサのある頭部の運動を制御する僧帽筋（抗重力筋）  
円滑で高速かつ自由度の高い運動を行う外眼筋（非抗重力筋）は  
重力環境下で緊密な連携機構を形成している。

Eye Position / H

Eye position / V

Neck muscle / R

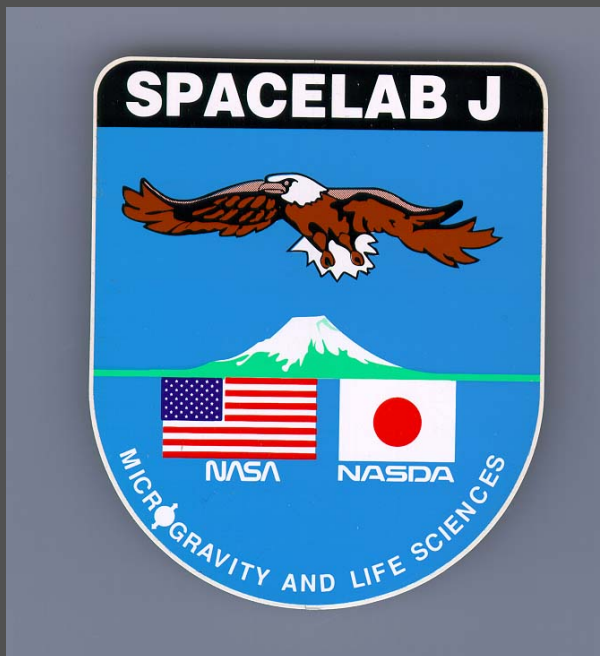
Neck muscle / L





# FMPT/First Material Processing Test SL-J/Space Lab Japan

1992/September 12th –18th



NASA SL-J Experiment Group



NASDA FMPT Research Group

# Data Acquisitions for Pre-flight, In-flight, and Post-flight

1989

1990

1991

1992

1993

Sep.

Dec



Pre-flight data acquisition-1

Pre-flight data acquisition-2

MET-day1

MET-day3

MET-day6

In-flight data acquisition

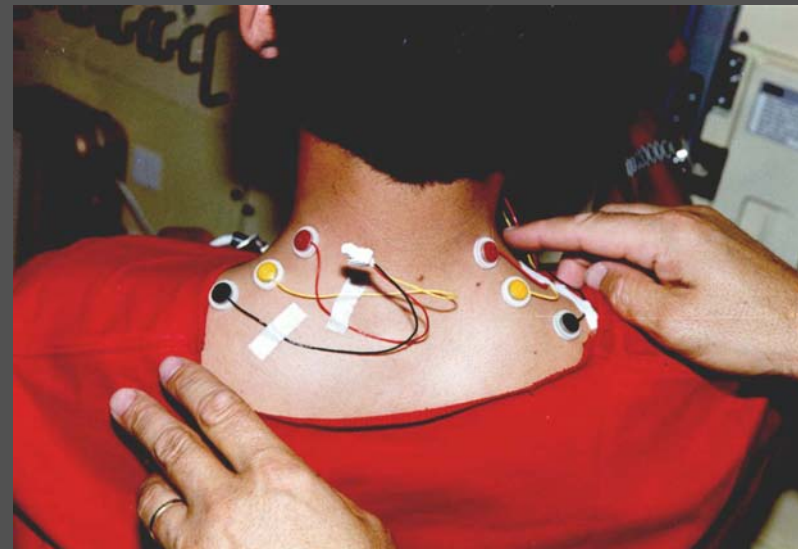
Post-flight data acquisition

# 眼球運動, 頭部運動の測定

## Electro-oculography



## Electro-myography



FMPT/L4 DATA IMAGE FILE

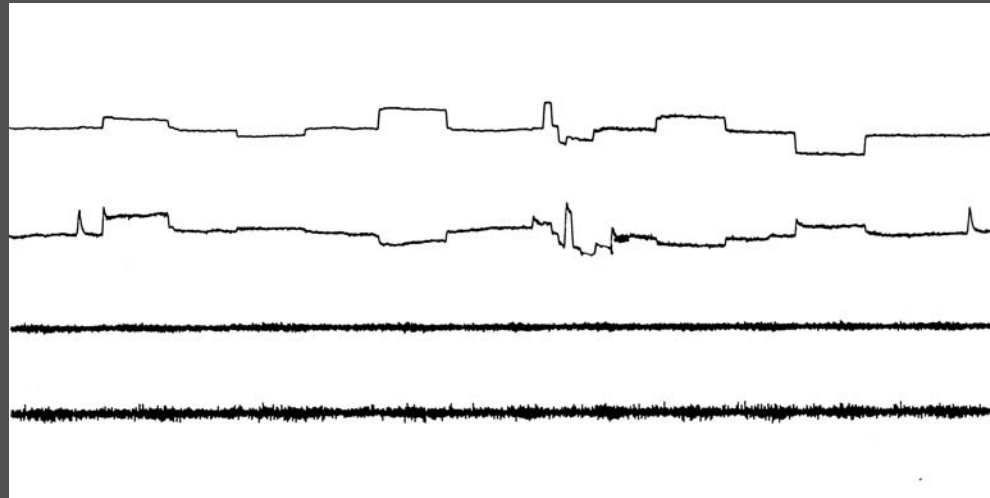
# 頭部・眼球運動の協応

Eye/H

Eye/V

Neck/R

Neck/L



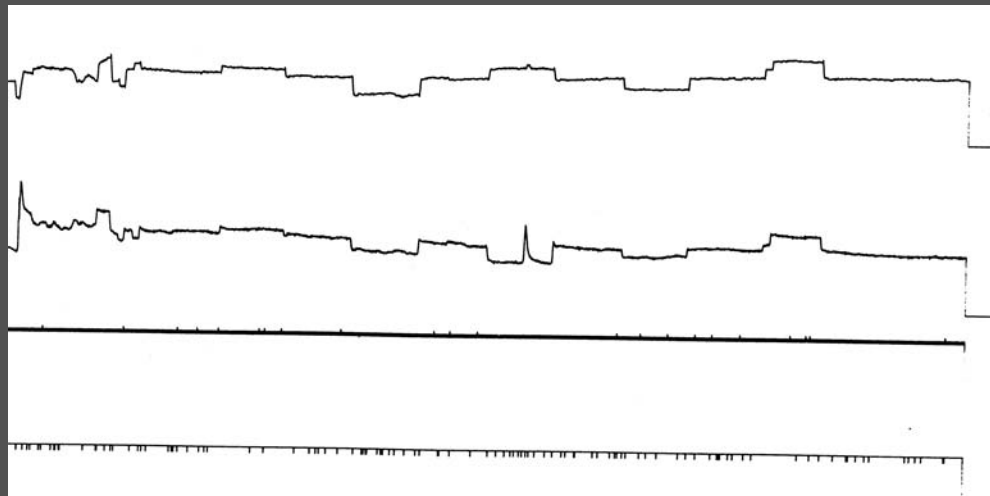
1G環境

Eye/H

Eye/V

Neck/R

Neck/L



μG環境

Pre-flight/1989

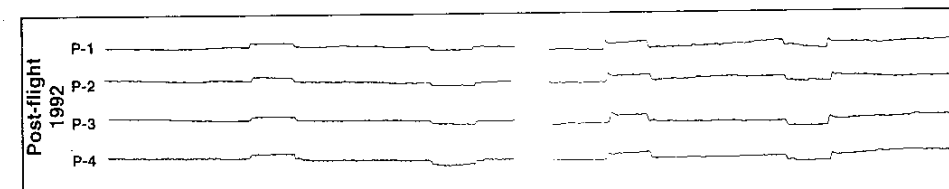
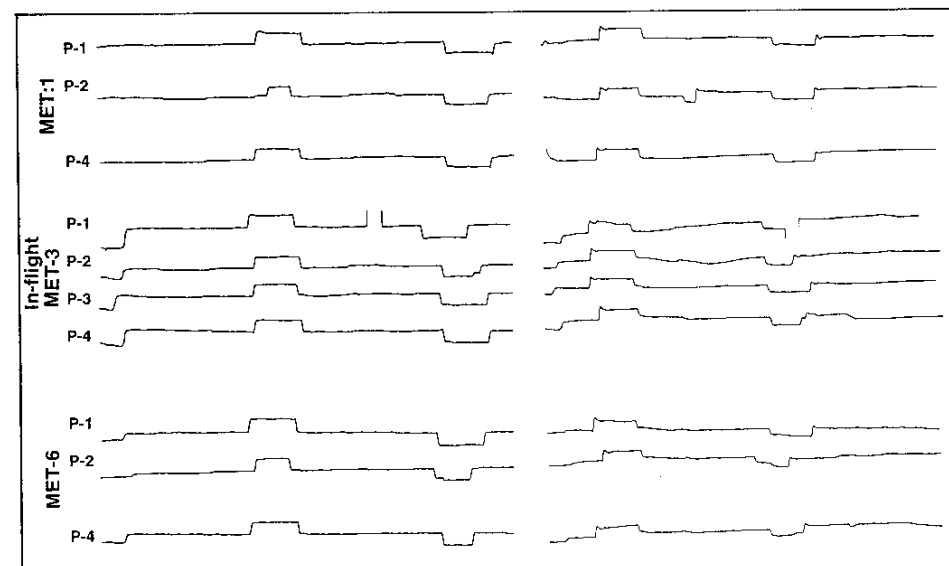
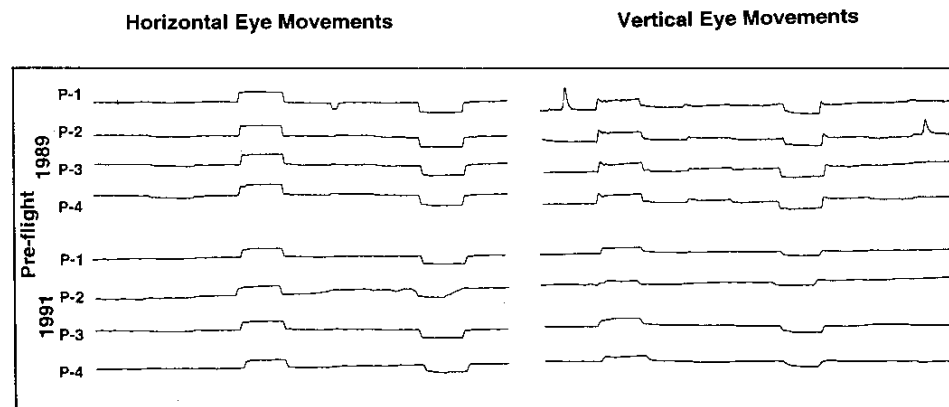
Pre-flight/1991

In-flight/1992 MET:1

In-flight/1992 MET:3

In-flight/1992 MET:6

Post-flight/1992

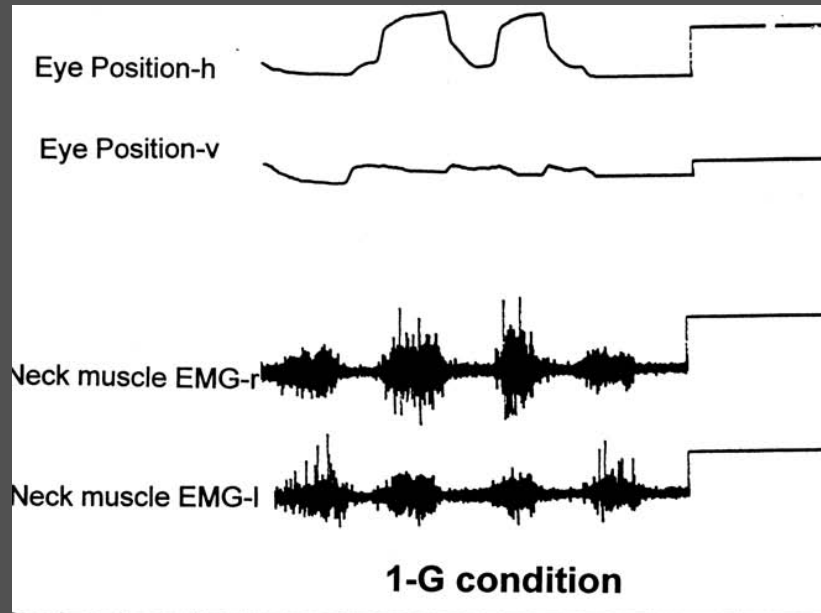


**Visual Target Pattern-1**

Temporal protocol change:  
“Swing the head instead of normal procedure”

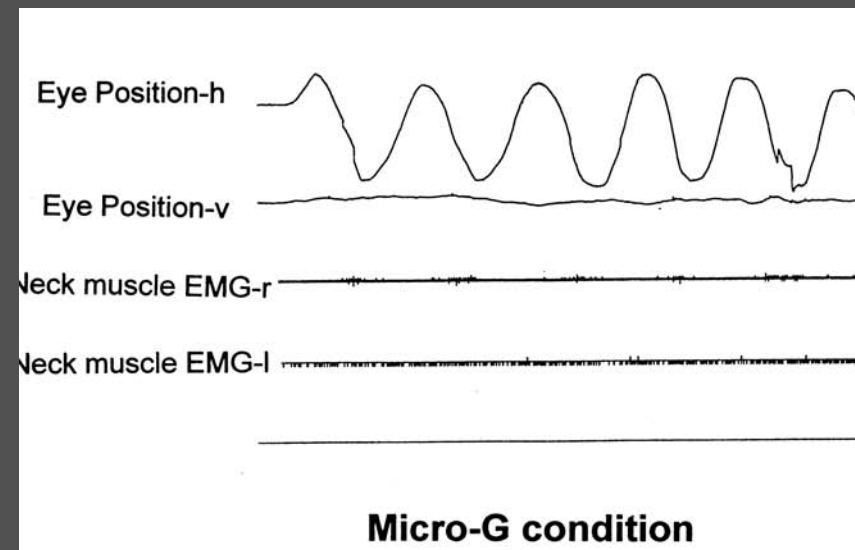


FMPT/L4 DATA IMAGE FILE



1-G on the ground

micro-G in space





# In-flight episode

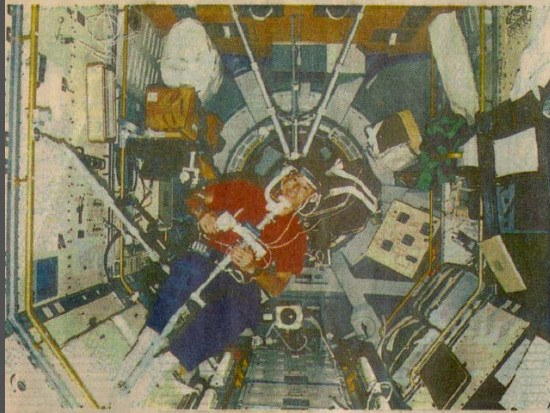
## Orientation Failure in Space

MET day-1 / night shift





# Post-flight Episode



毛利さんの宇宙体験  
独占インタビュー

仕事 □3

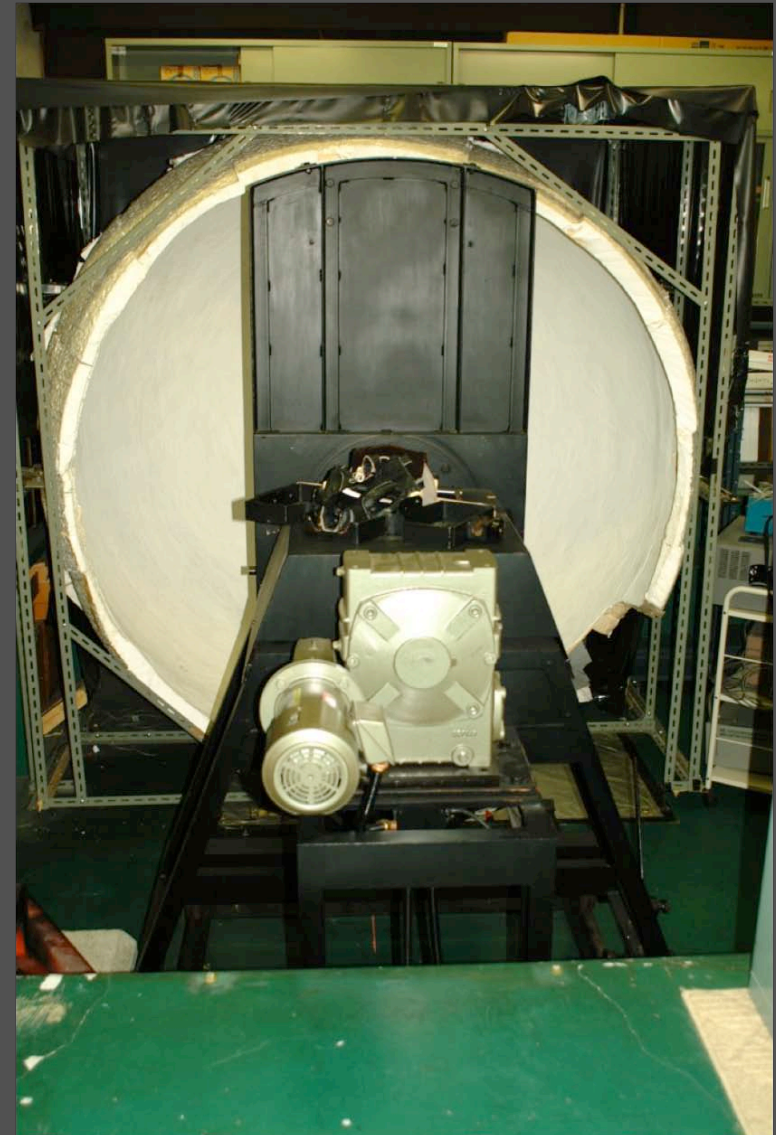
宇宙で働き続けた毛利さんの自己採点は80点 (NASA提供)

※冷却水漏れ\*「マール、ちょっと来てみる」飛行一日目。まだ頭がキツとしていたマール、スペーススラフに先に入ったマール。飛行士が呼んだ。「水が漏れている」「霜じゃないのか」水は実験棚の下部にかたまりにまわっていた。「ついに起きたか」。今までの経験から水漏れが出たら、その棚は使用不能だ。これで実験は半分以上できなくなると覚悟した。二人で徹んでも仕方ないので、修理はマールに任せ、自分の担当の実験集中することにした。シンソク宇宙センターの対応も早く、普通なら三、四かかると修理の指令が一日来た。マールも緩んでバルブ部分をうまく締め、漏れを食い止めた。「おまえならできただ」とおぼろげだった。マールの顔は白眉大上。その





Full visual field hemispheric screen  
and  
full range body rotation facilities







重力パラメータを変化させる目的で  
地上で実現可能な実験手法

パラボリック・フライト



## 実験と論文と研究に協力してくれた方々

苧坂良二

福田博史

須佐見憲二

牧野達郎

高林彰

鷺見成正

久野覚

Rudolf Groner

Marina Groner

Walter F. Bischof

Yves Rossetti

宮岡徹

Andrew H. Clark

太田芳博

杉浦澄子

Marino Menozzi

Charles Oman

水村和枝

小松由紀夫

東山篤規

木田光郎

後藤卓夫

辻敬一郎

Michael Land

塩入諭

櫻井研三

本田仁視

中溝幸夫

毛利衛

内藤千秋

名古屋大学・環境医学研究所・航空心理学部門

愛知学院大学・文学部・大学院生

中京大学・心理学部・大学院生

早稲田大学・教育学部

藤田保健衛生大学・衛生学部

平成帝京大学

名古屋大学・環境学研究科

University of Bern, Department of Psychology

University of Bern, Department of Psychology

University of Alberta, Department of Computing Science

INSERM U864, Claude Bernard University/Lyon

静岡理科大学・総合情報学部

Charité Berlin Medical School, Vestibular Lab.

名古屋大学・環境医学研究所・宇宙医学実験センター

名古屋大学・環境医学研究所・宇宙医学実験センター

ETH Zurich

MIT, Department of Aeronautics and Astronautics

環境医学研究所・神経性調節学

環境医学研究所・視覚神経科学

立命館大学・文学部

名古屋大学・環境医学研究所・航空心理学部門

名古屋大学・文学部

名古屋大学・文学部

University of Sussex, Biology and Environmental Science

東北大学・電気通信研究所

東北学院大学・人間情報学研究科

新潟大学・人文学部

九州大学・文学部

宇宙開発事業団

宇宙開発事業団