

# スペクトラム拡散変調の 生体測定への応用可能性について

第7回光脳機能イメージング研究会  
2007年7月14日

株式会社スペクトラテック 大橋三男



# 略 歴



APPLE II

1981



汎用画像処理装置

1984



nexus9000

汎用画像処理装置

1990



内視鏡画像ファイリング装置

1995

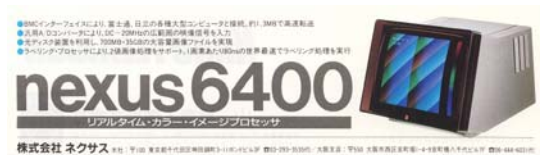


柏木研究所

ネクサス

スペクトラテック

1987



汎用画像処理装置

2002



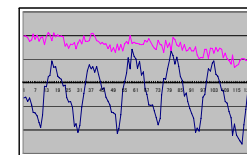
1M 1786階調

2004



3M 7141階調

2005

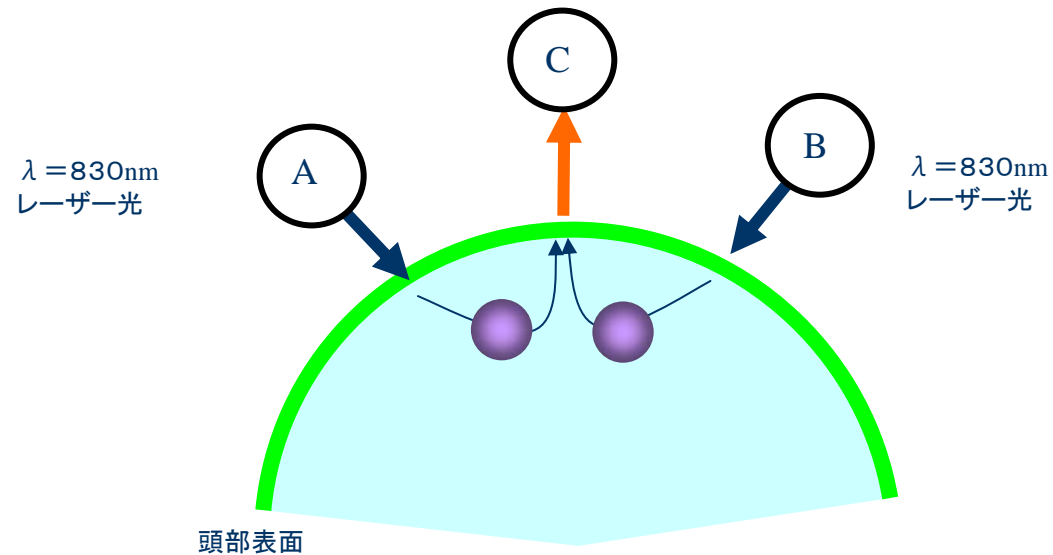


fNIRS生体測定

医療用高精細モノクロモニター

# 光多重変調の必要な理由

場所Aから来た $\lambda=830\text{nm}$ 上の生体信号と  
場所Bから来た $\lambda=830\text{nm}$ 上の生体信号を分離識別する必要がある。



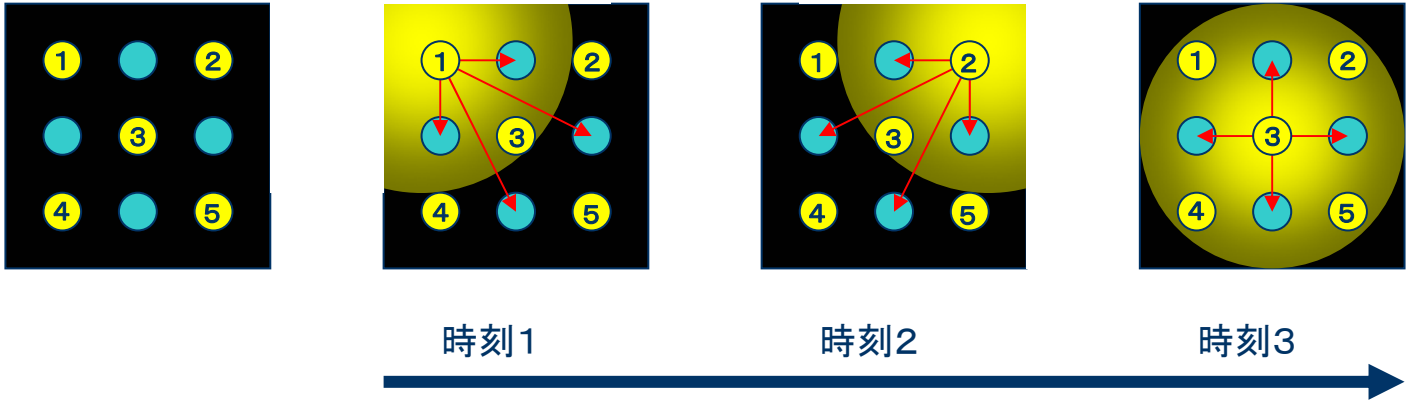
# (光)多重変調の手法

**TDMA** (Time Division Multiple Access 時分割多重)  
時間単位で信号を分割伝送

**FDMA** (Frequency Division Multiple Access 周波数分割多重)  
異なる周波数に分けて信号を伝送

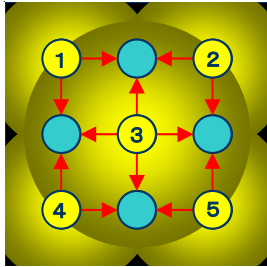
**CDMA** (Code Division Multiple Access 符号分割多重)  
乱数を使って周波数/時間に分割伝送  
(=スペクトラム拡散技術を使う)

# TDMA

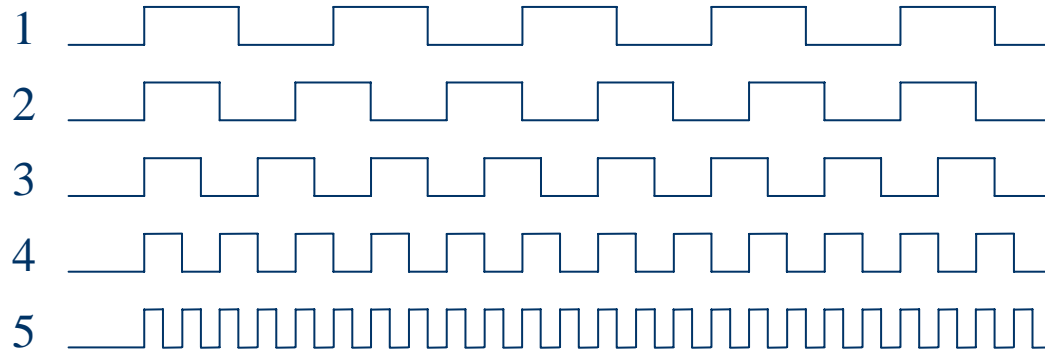


● 光源  
● 受光点

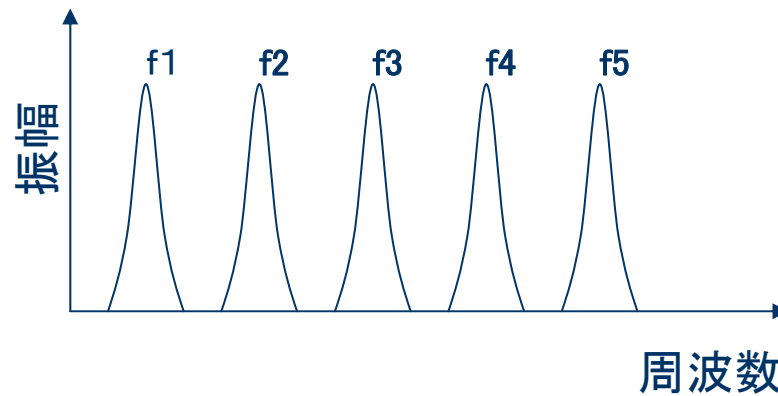
# FDMA



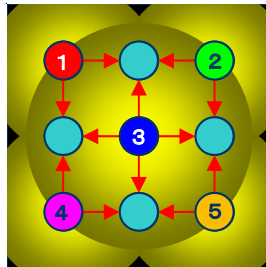
- 光源
- 受光点



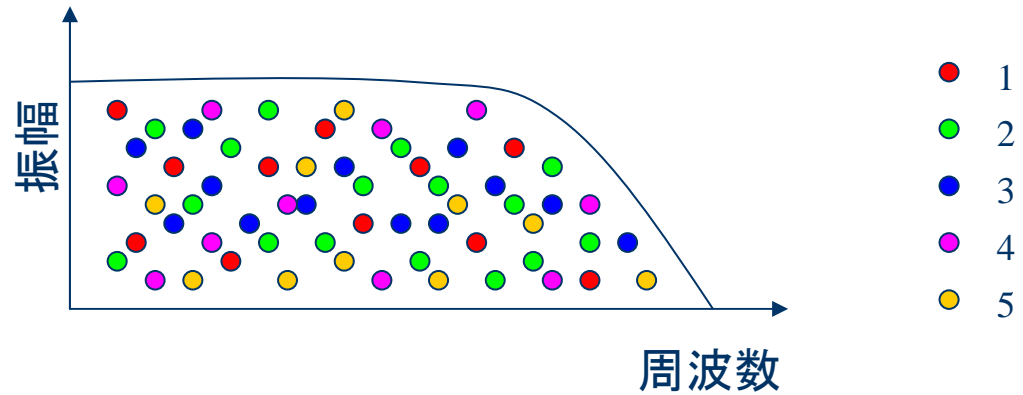
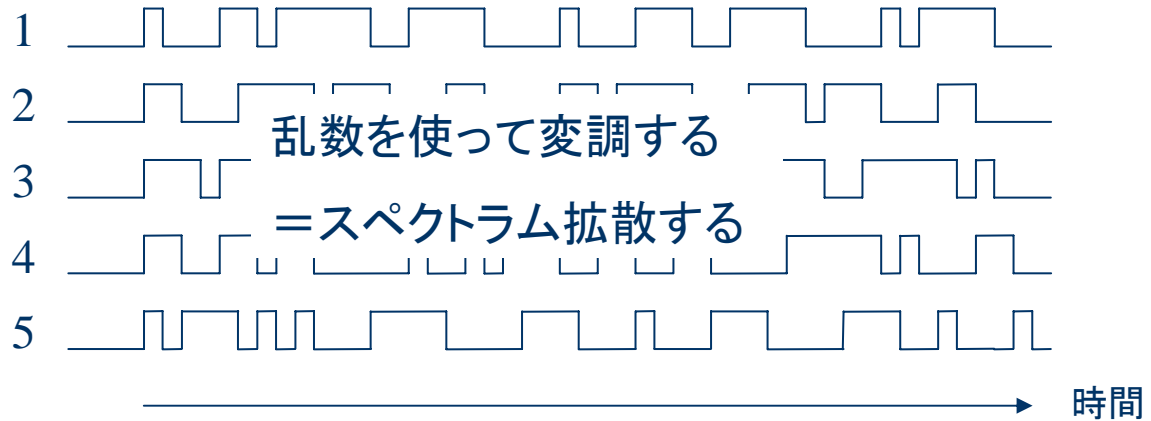
時間 →



# CDMA



●●●●● 光源  
● 受光点



# 各方式の特徴

方式	TDMA	FDMA	CDMA
原理	簡単	複雑	難解
多チャンネル化	△	○	◎
同時測定性	△	◎	◎
高SN化	帯域制限	帯域制限	各種方法がある
外乱ノイズの影響	大(変調手段による)	小	極小
実用化例	インターネットの 伝送パケット	地上波デジタル放送 (13セグメントOFDM)	携帯電話(KDDI方式) GPS

光脳機能イメージングに利用する場合の条件で



# スペクトラム拡散変調の歴史

1959年

J. P. Costasによる“Poisson, Shannon and the Radio Amateur”という論文が最初と言われている。

1980年代半ば、

欧州で自動車電話、携帯電話で使う提案がなされた。

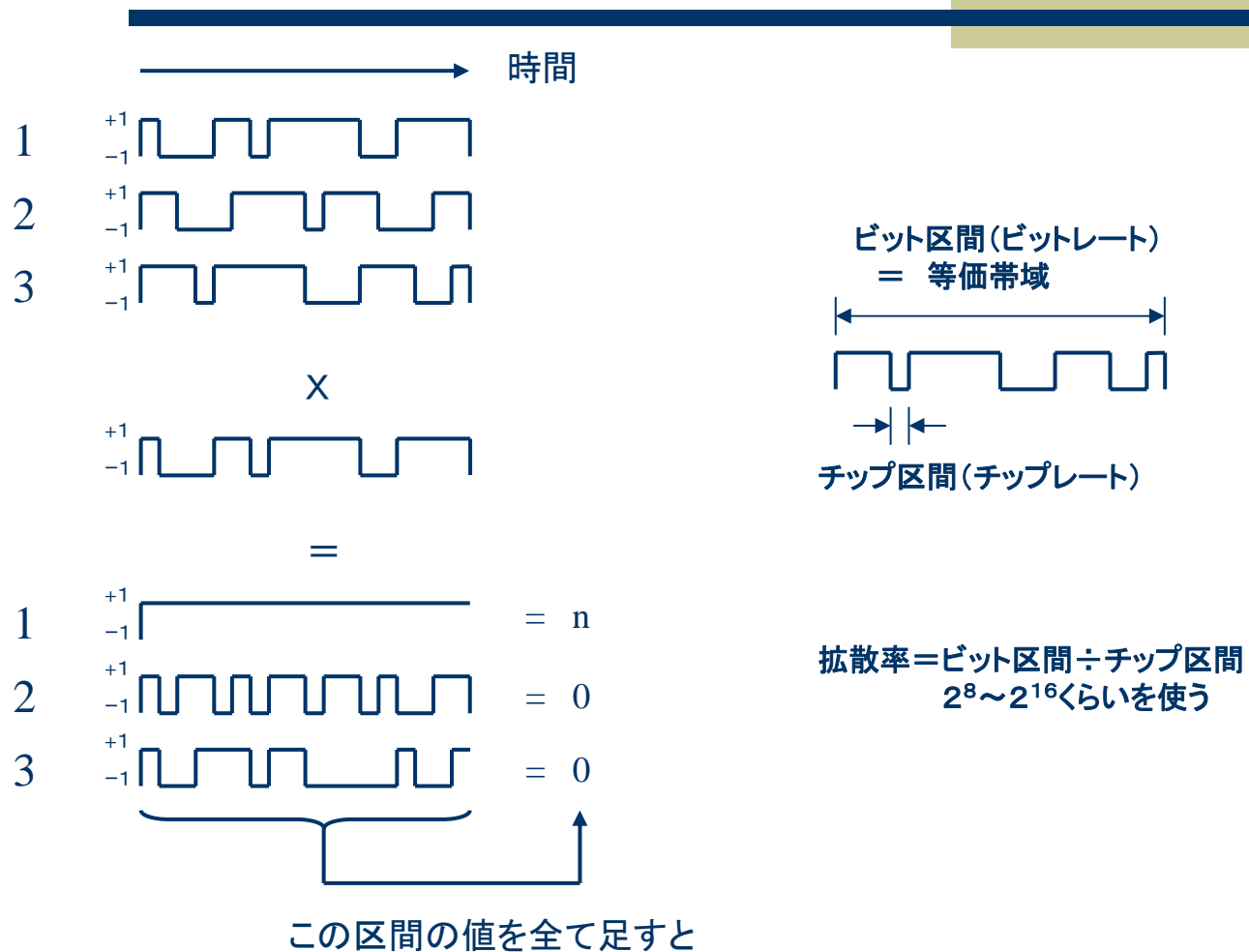
1993年

米国Qualcom社の提案が、米国のデジタル携帯電話方式のスタンダードに採用される。

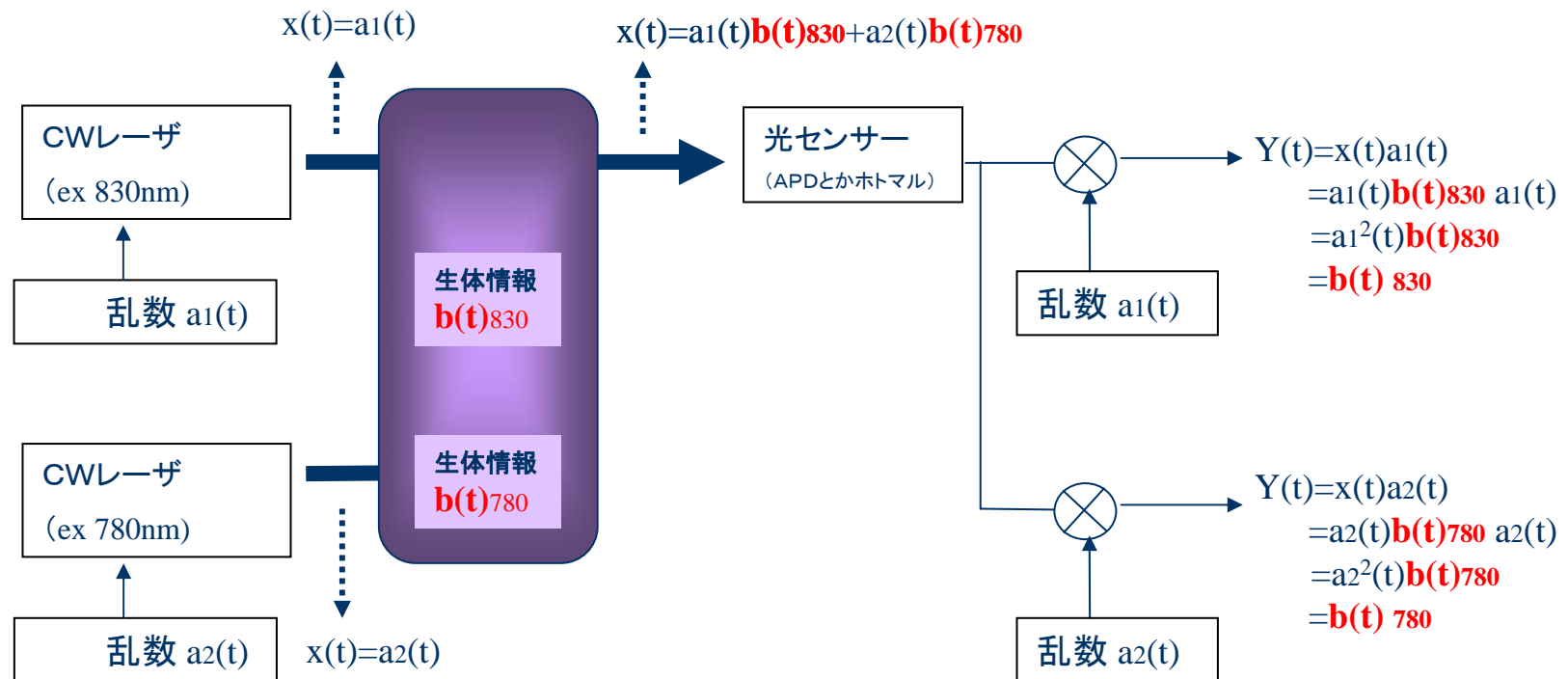
1993年

NCR社性WaveLANが無線LAN用製品として日本に上陸

# スペクトラム拡散変調のメカニズム

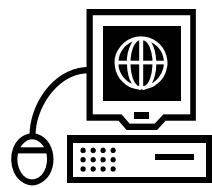


# 生体情報の取得

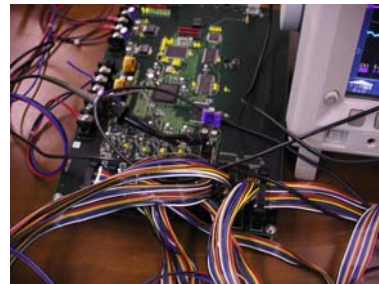


乱数としてはM系列、アダマール系列、Gold系列などが使われ、PNコードと呼ばれる。

# 基礎実験の測定環境



USB交信



FDMA変調部 12CH  
FDMA復調部 5CH

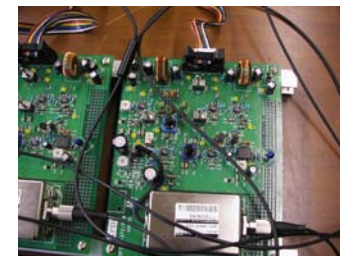
CDMA変調部 12CH  
CDMA復調部 60CH



レーザー発信部 12CH ( 4ブロック x 3波長 )

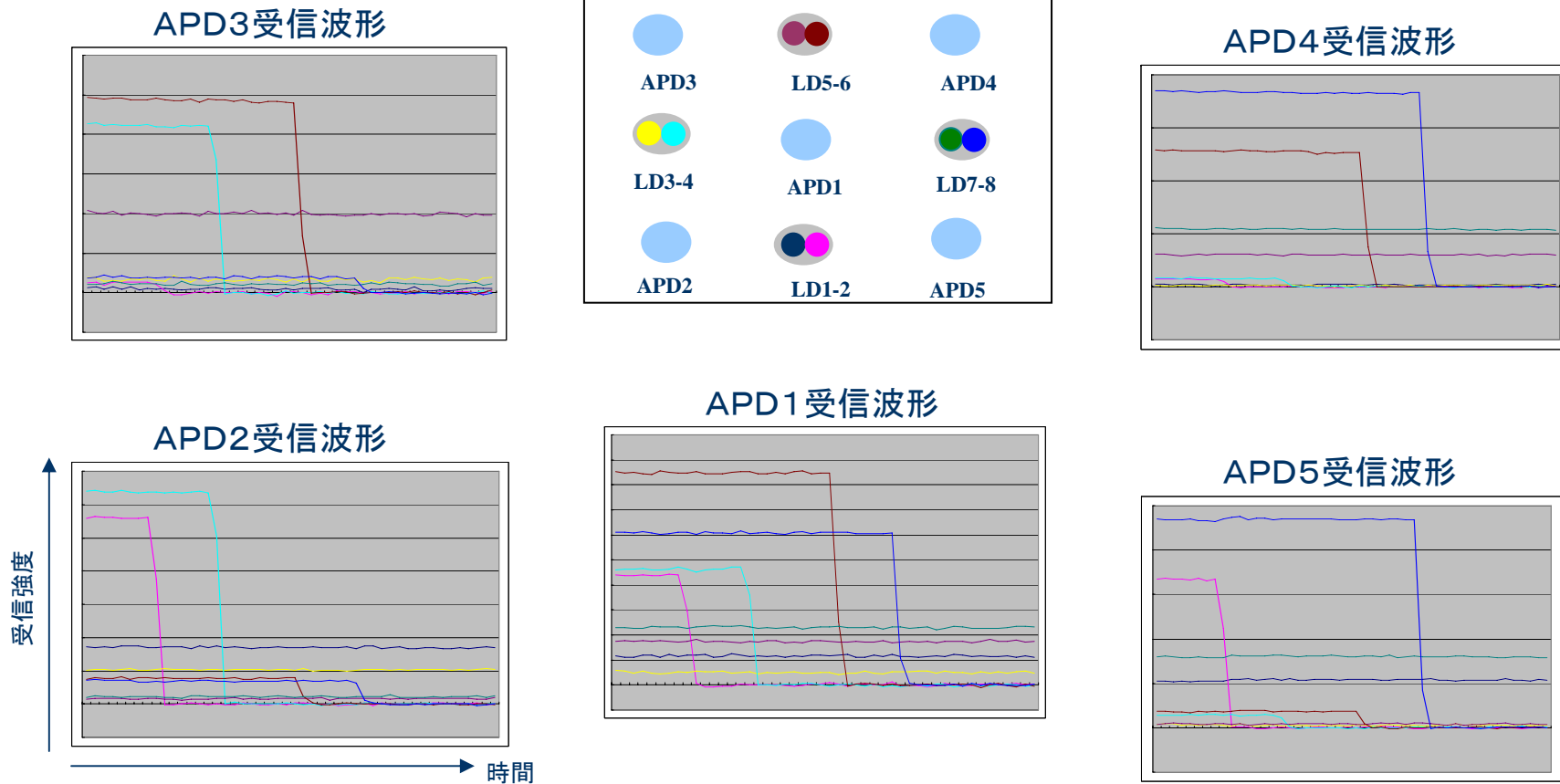


ファントム  
3行3列3mm角  
散乱体:ホリプロピレン



光センサー部 5ブロック  
APD使用 帯域100KHz

# CDMAでのチャネル分離能力

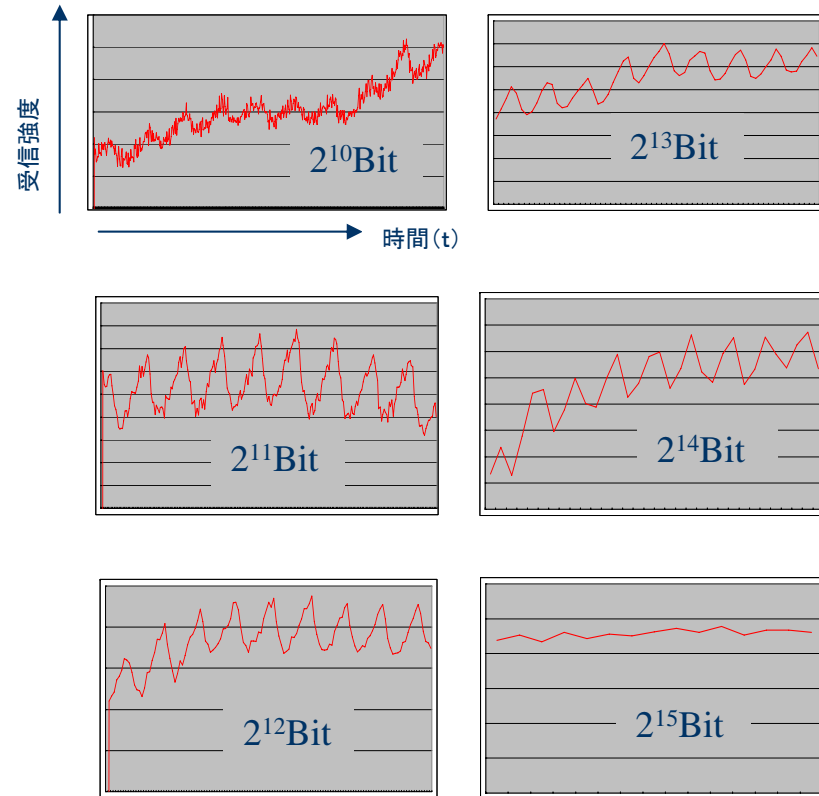


チップレート100KHz 拡散率=2<sup>16</sup> APDゲイン=10<sup>6</sup>

# 側頭葉での計測時の拡散率の違い

拡散率	等価帯域(Hz)
$2^{10}$	50.-
$2^{11}$	25.-
$2^{12}$	12.5
$2^{13}$	6.2
$2^{14}$	3.1
$2^{15}$	1.5

チップレート=100KHz



# 高速測定への検討

現状

APD

帯域: 100KHz

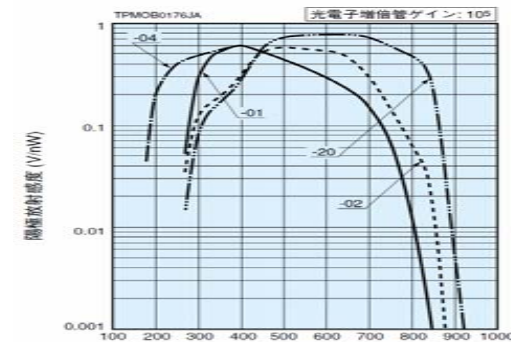


松定Precision APC-3R01V

光電変換感度  $-1.5 \times 10^8 \text{V/W}$

今回、実験したホトマル

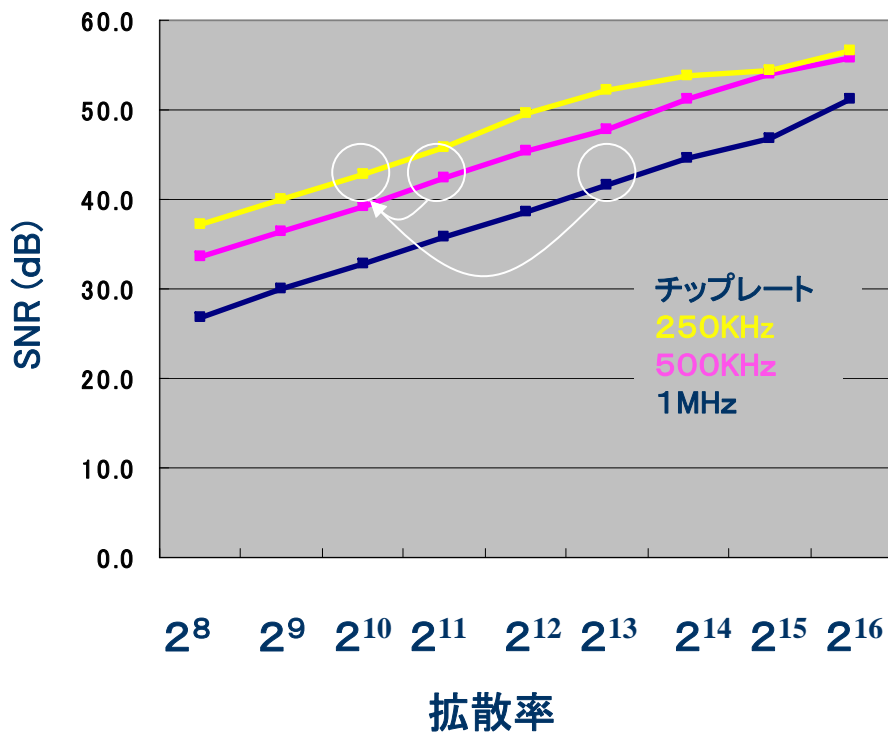
帯域: 5MHz



HAMAMATSU H9656-20 **Special**

光電変換感度  $3.9 \text{V/nW}$

# 拡散率とチップ周波数によるSNRの違い



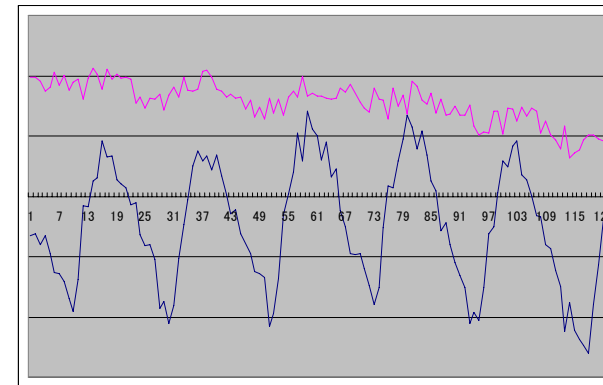
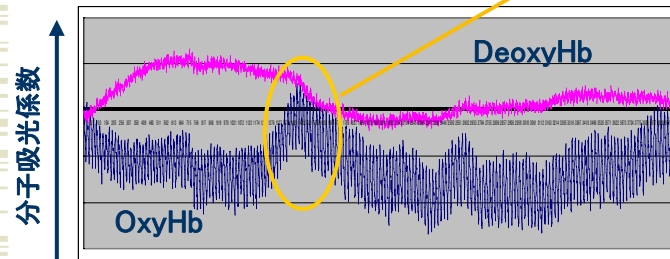
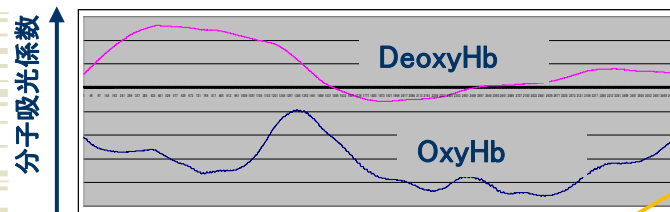
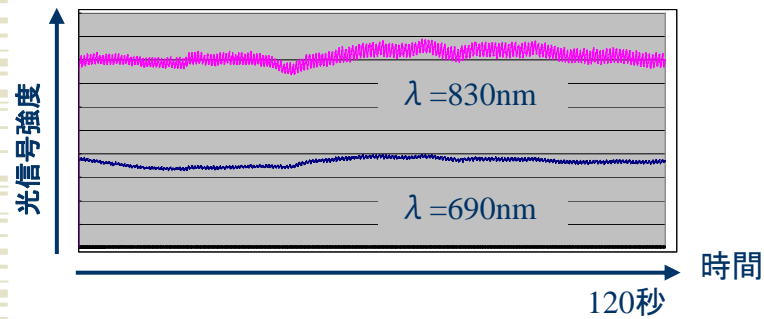
チップレートが同じならば、拡散率を上げて行くとSNRも、それに対応して $\sqrt{n}$ (=3dB)で改善される。

チップレートを高くすると拡散帯域幅が広がり、SNRが悪くなる。

同じ伝送有効帯域幅ならば、どのチップレートでも拡散率を変えることで同じSNRが得られる。(図の白丸)

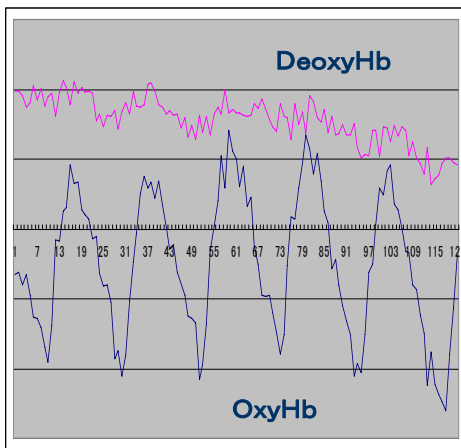


# Coxy, Cdeoxyを求めてみると

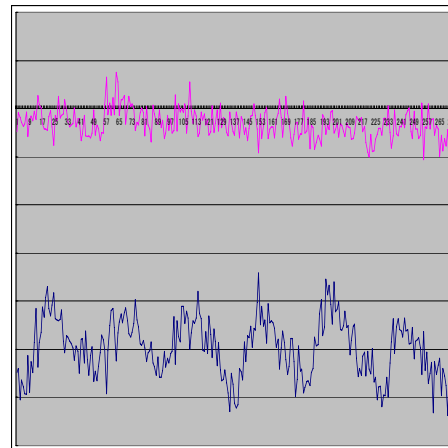


レーザー出力: 2mW/830nm +690nm  
チップレート: 1MHz  
ホトマル総合Gain:  $5 \times 10^6$   
計測時間: 120秒  
測定箇所: 側頭葉  
拡散率:  $2^{15}\text{Bit}$   
等価帯域: 15Hz  
等価サンプリングピッチ: 33mS  
S N R=: 49.3dB

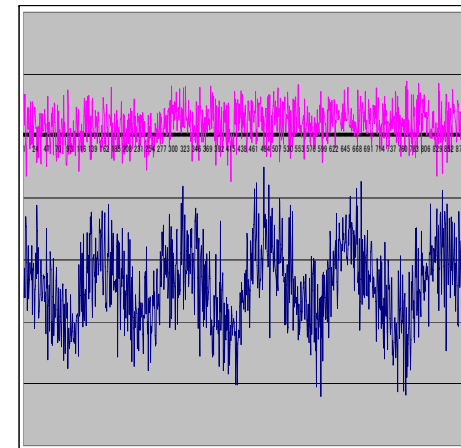
# 高速測定



拡散率  $2^{15}$ Bit  
等価帯域 15Hz  
サンプリングピッチ 33mS  
S N R= 49. 3dB



拡散率  $2^{14}$ Bit  
等価帯域 30Hz  
サンプリングピッチ 16mS  
S N R= 46. 4dB

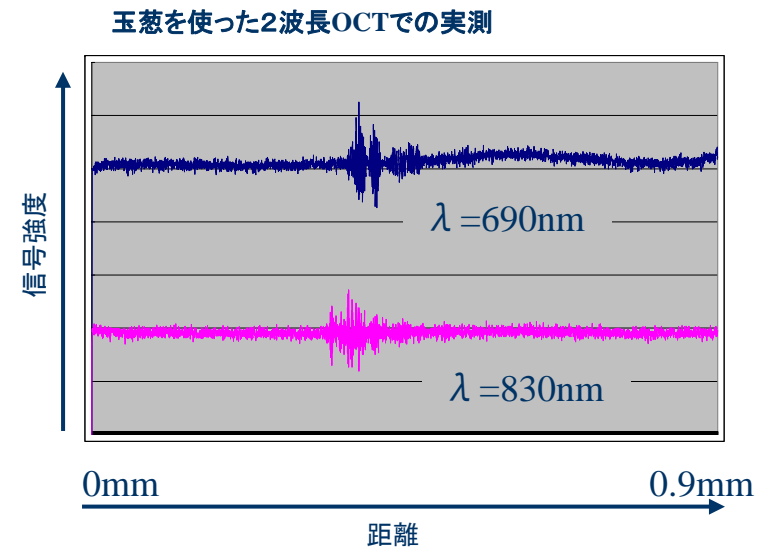


拡散率  $2^{12}$ Bit  
等価帯域 122Hz  
サンプリングピッチ 4mS  
S N R= 40. 0dB

レーザー出力 : 2mW/830nm +690nm  
チップレート: 1MHz  
ホトマル総合Gain:  $5 \times 10^6$   
測定箇所: 側頭葉

# スペクトラム拡散変調の生体での応用分野

- ◆ 光脳機能イメージング
- ◆ 多波長型パルスオキシメトリ
- ◆ fOCT (Functional Optical Coherence Tomography)



# まとめ

- 1) 同一条件なら従来方式とほぼ同じかそれ以上の性能を示す。
- 2) チャネル分離能は極めて高い。
- 3) 同時刻性を保ったまま多チャンネル化が可能。
- 4) 外乱要因に極めて影響されにくい。
- 5) 現状のデジタル技術レベルで高速化は容易。
- 6) SNRは拡散率と $\sqrt{n}$ の関係でUPする。
- 7) 従来方法に比べて小型かつ安価に作成可能。

# E N D

