

2024.03.16 1330～1500  
名古屋大学 ES総合館 ESホール

[最終講義]

# 自由を求めて：無線通信システムの挑戦

名古屋大学 未来材料・システム研究所

片山 正昭

[m.katayama@ieee.org](mailto:m.katayama@ieee.org)

# 私の履歴書



# 大学院卒業まで

1959年1月 誕生（京都）

1986年3月 大阪大学大学院 博士課程後期課程修了 27歳



# 出生地と生育地(平安京復元模型で)





# 大学入学前

## ● 西京極幼稚園

- 真空管(ST)ラジオの分解
  - 木製ケースほしさ

## ● 西京極小学校

- 勉学
  - 教室より廊下にいた時間が長い?
- 5～6年担任は元中学理科教師
- 理科部(化学) 5～6年
- 学校外では
  - 桂川の河原で石集め
  - 草花の栽培
  - 化学実験キット
  - 電子ボード

## ● 四条中学

- 技術部
- 理科の教師に農学博士
- 学校外では
  - ラジオの製作
  - 短波放送(小学校高学年から)
    - 冷戦(jamming), 日中国交回復 など実感(大学時代の文化大革命終結も放送内容変化)

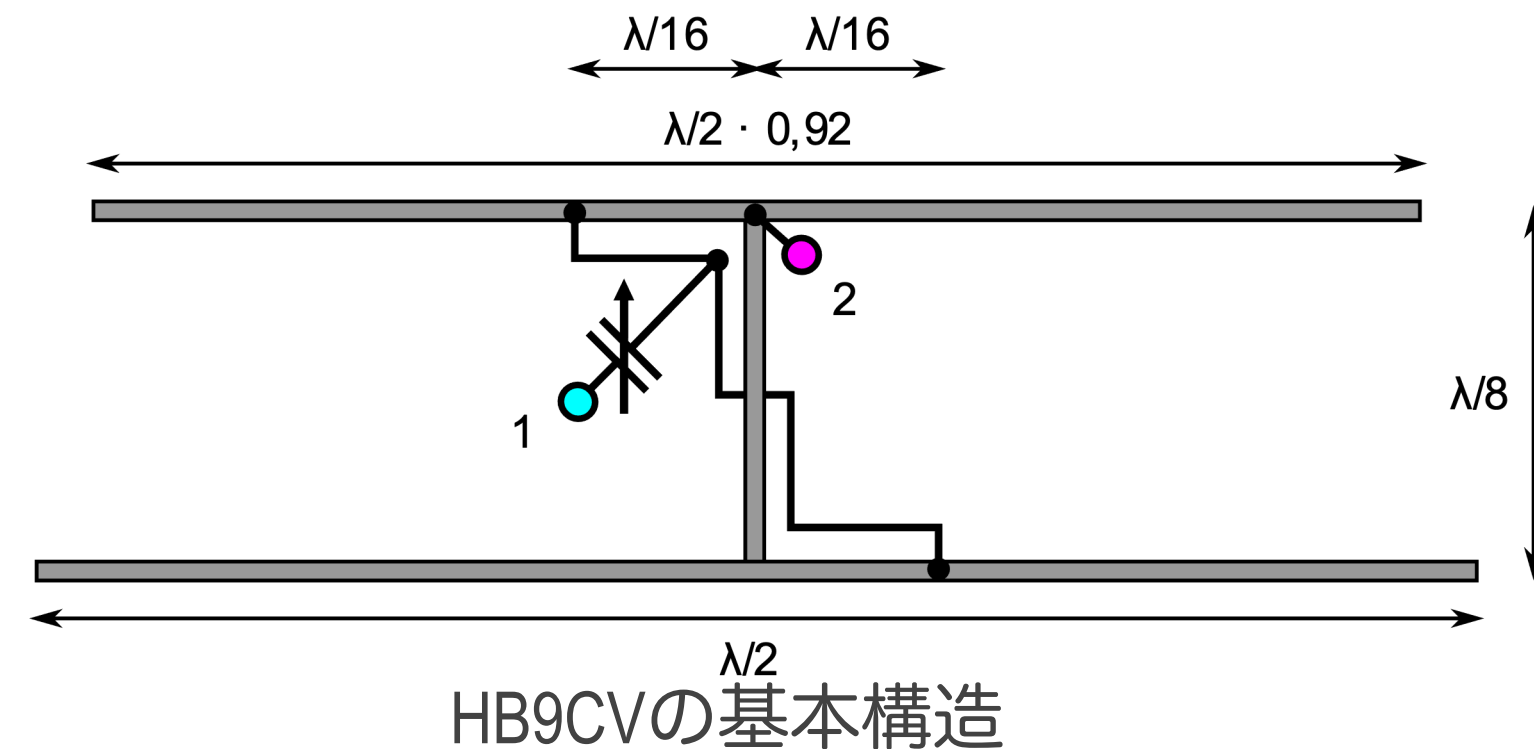
## ● 堀川高校

- 勉学
  - 得意科目は 国語, 理科
  - 好きな科目は 数学, 芸術
  - 苦手科目は 英語, 社会
  - 論外は 体育
- 物理部(無線部)
  - アマチュア無線免許(電話級/電信級)
  - アマチュア無線局開局



# アマチュア無線局開局 (高校生)

- 無線機：FT-101BS 八重洲無線
  - 半導体真空管ハイブリッド
  - 電力増幅 12BY7A- 6JS6C (5 極管)
  - 短波帯 1.9MHz～30MHz
- アンテナ自作
  - 変形 HB9CV (21MHz  $\lambda \approx 15\text{m}$ )
    - 位相給電により八木宇田アンテナより短いエレメント間隔で高利得実現可能
  - 各種電線アンテナ (各周波数)
- ✓ 電波伝搬やアンテナの基礎体験
- ✓ 冷戦下でも電波は国境をこえてゆく



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hb9cv.svg>



# 学生・院生時代

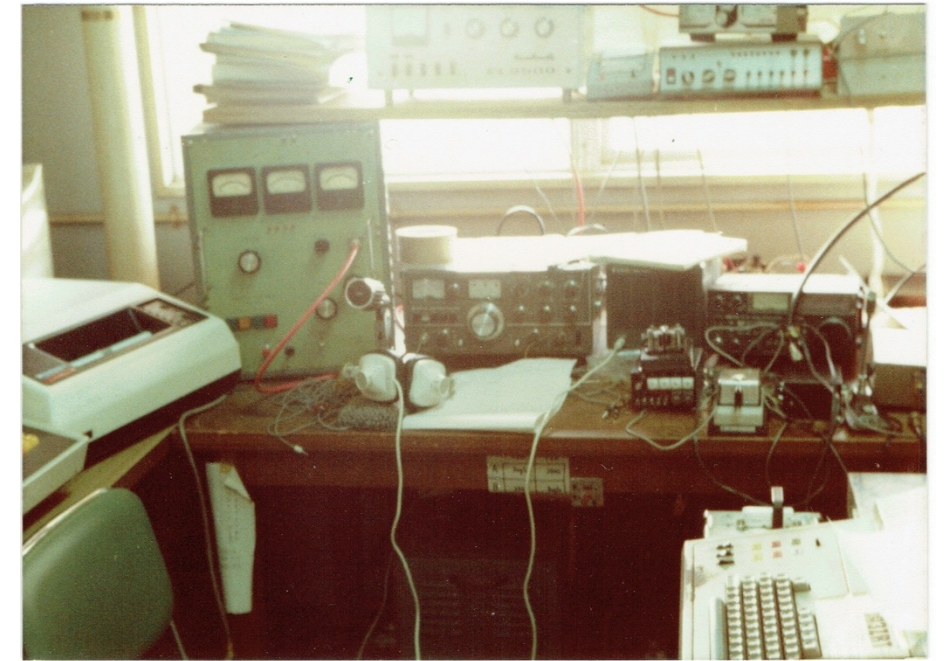
- 1977年 大阪大学 工学部 通信工学科 入学
  - 通信工学科があるのは東北大と阪大のみ
  - 「赤本」で第三講座（通信方式）にひかれる
  - 入学前は水中無線を希望
    - 入学後はすぐ図書館で水中無線関連の本を探したが1冊しか見当らず。
- アマチュア無線部 入部
  - 入学式より前から





# 大阪大学アマチュア無線部 JA3YKC

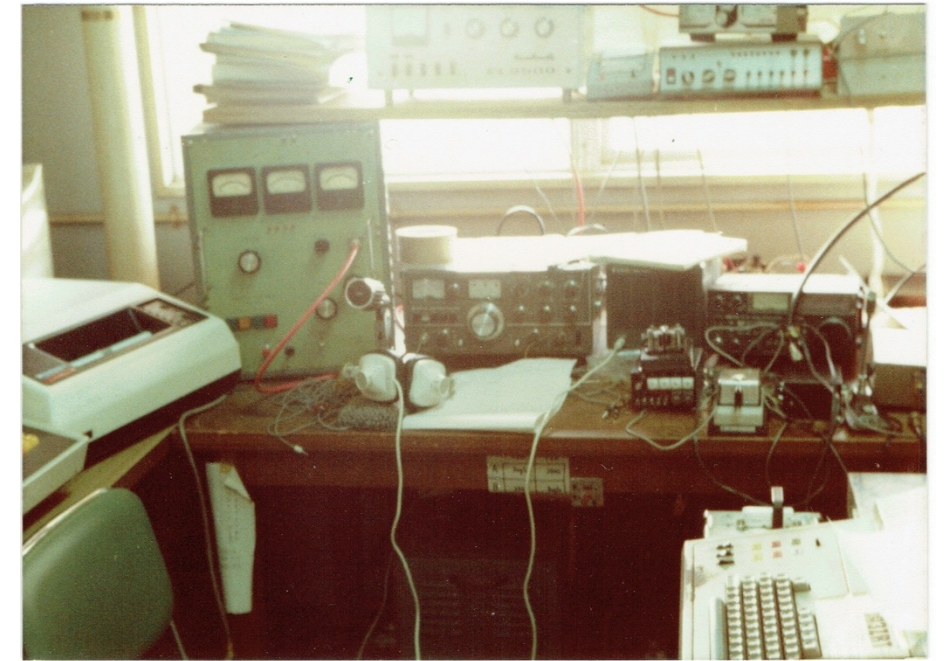
- コンテスト参戦が主な活動  
定められた24～48時間内の交信局数, 交信地域数を競う
  - ピーク時は毎分4局：要練習
    - 音声通信・モールス通信
  - 巨大なアンテナ
    - 波長80m帯で 5/8波長のグランドプレーン or 位相給電
    - 波長40m帯で3エレメントフルサイズ八木宇田アンテナ
    - 波長20m帯以下では八木宇田アンテナのスタック（複数アンテナの位相給電）
  - 高度な交信管理
    - コンピュータ化(コンピュータ黎明時代)
  - ライバルは...
    - 東北大 JA7YAA, 金沢大 JA9YBA, 名大 JA2YKA, 京大 JA3YDS, 阪電通大 JA3YBF
  - 体育系的体質
    - 当時の先輩のおことば
      - 「○○コンテストは年1回。授業は毎週。重要なのはどちら？」
      - 4年で卒業するのは不良部員





# 大阪大学アマチュア無線部 JA3YKC

- コンテスト参戦が主な活動  
定められた24～48時間内の交信局数, 交信地域数を競う
  - ピーク時は毎分4局：要練習
    - 音声通信・モールス通信
  - 巨大なアンテナ
    - 波長80m帯で 5/8波長のグランドプレーン or 位相給電
    - 波長40m帯で3エレメントフルサイズ八木宇田アンテナ
    - 波長20m帯以下では八木宇田アンテナのスタック（複数アンテナの位相給電）
  - 高度な交信管理
    - コンピュータ化(コンピュータ黎明時代)
  - ライバルは...
    - 東北大 JA7YAA, 金沢大 JA9YBA, 名大 JA2YKA, 京大 JA3YDS, 阪電通大 JA3YBF
  - 体育系的体質
    - 当時の先輩のおことば
      - 「○○コンテストは年1回。授業は毎週。重要なのはどちら？」
      - 4年で卒業するのは不良部員

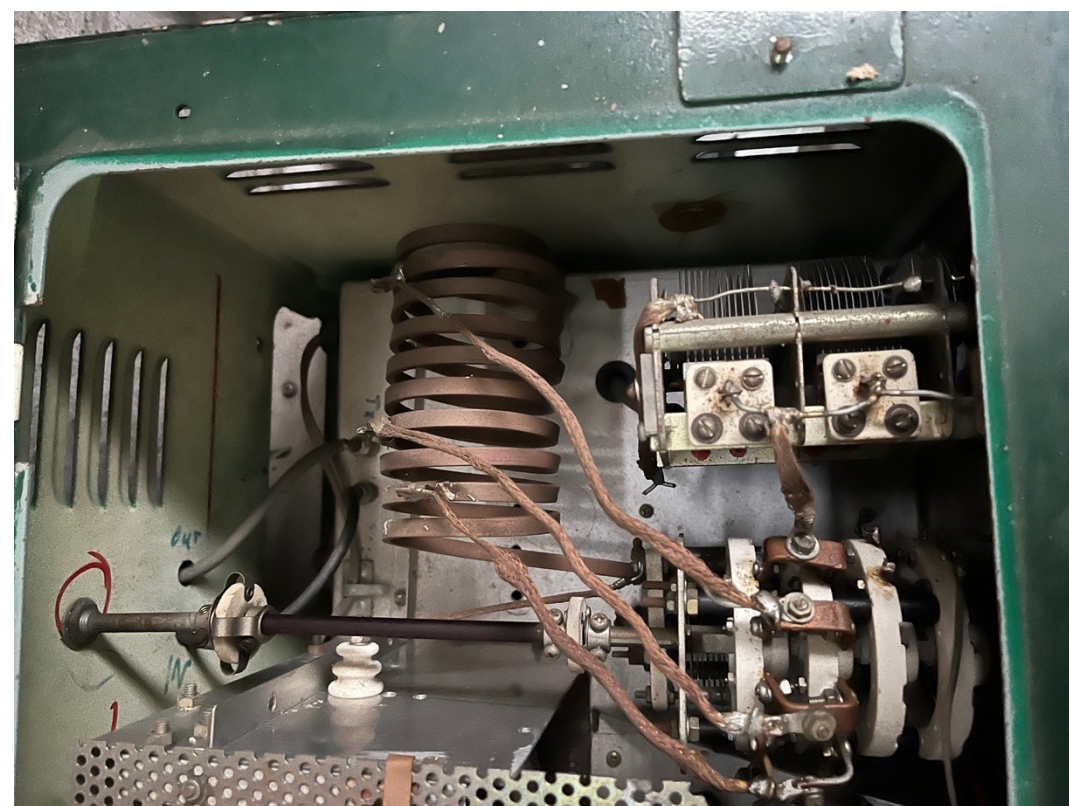


線形代数&解析：通信工学科の  
無線部員4名中3名が再履修



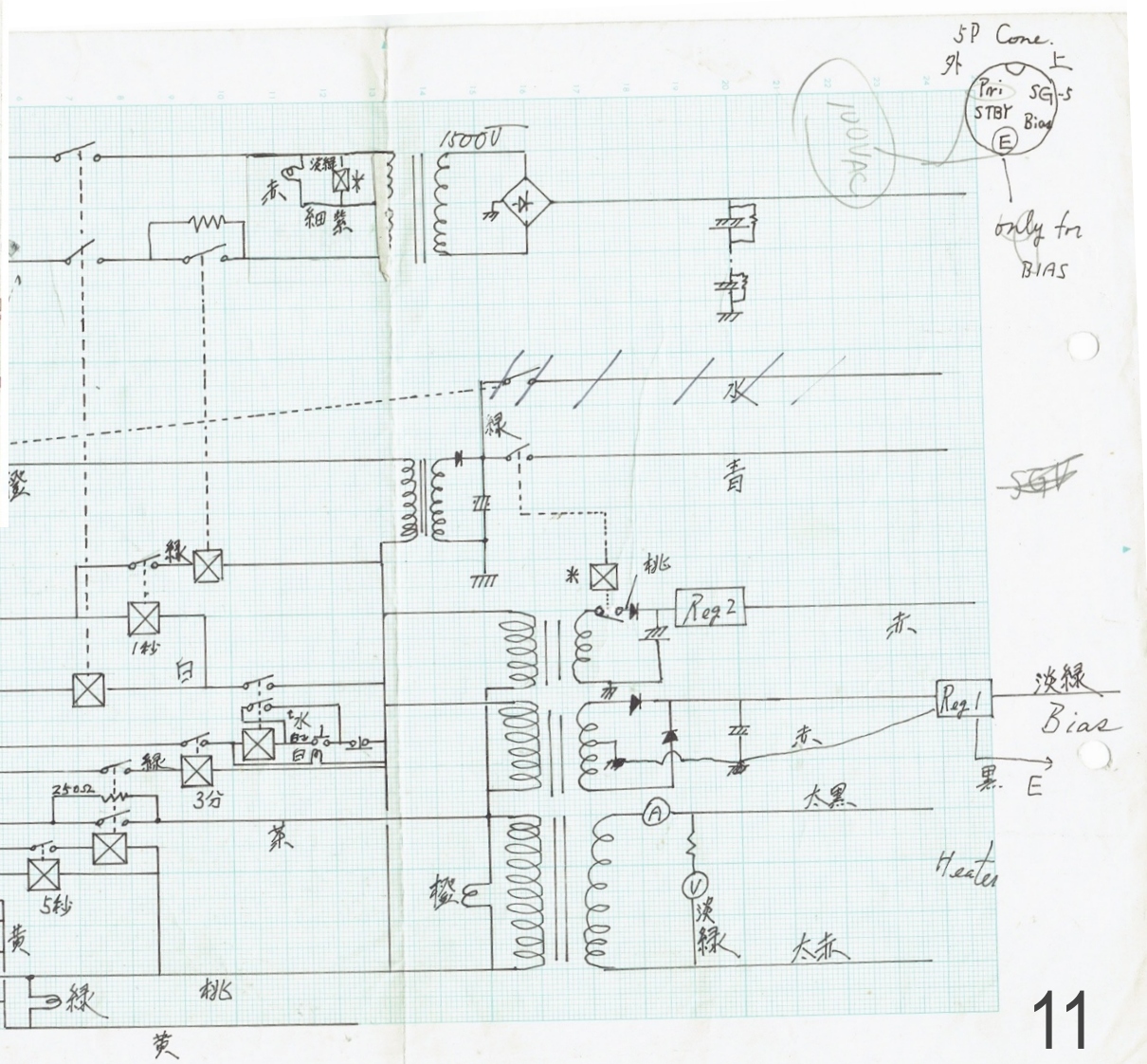
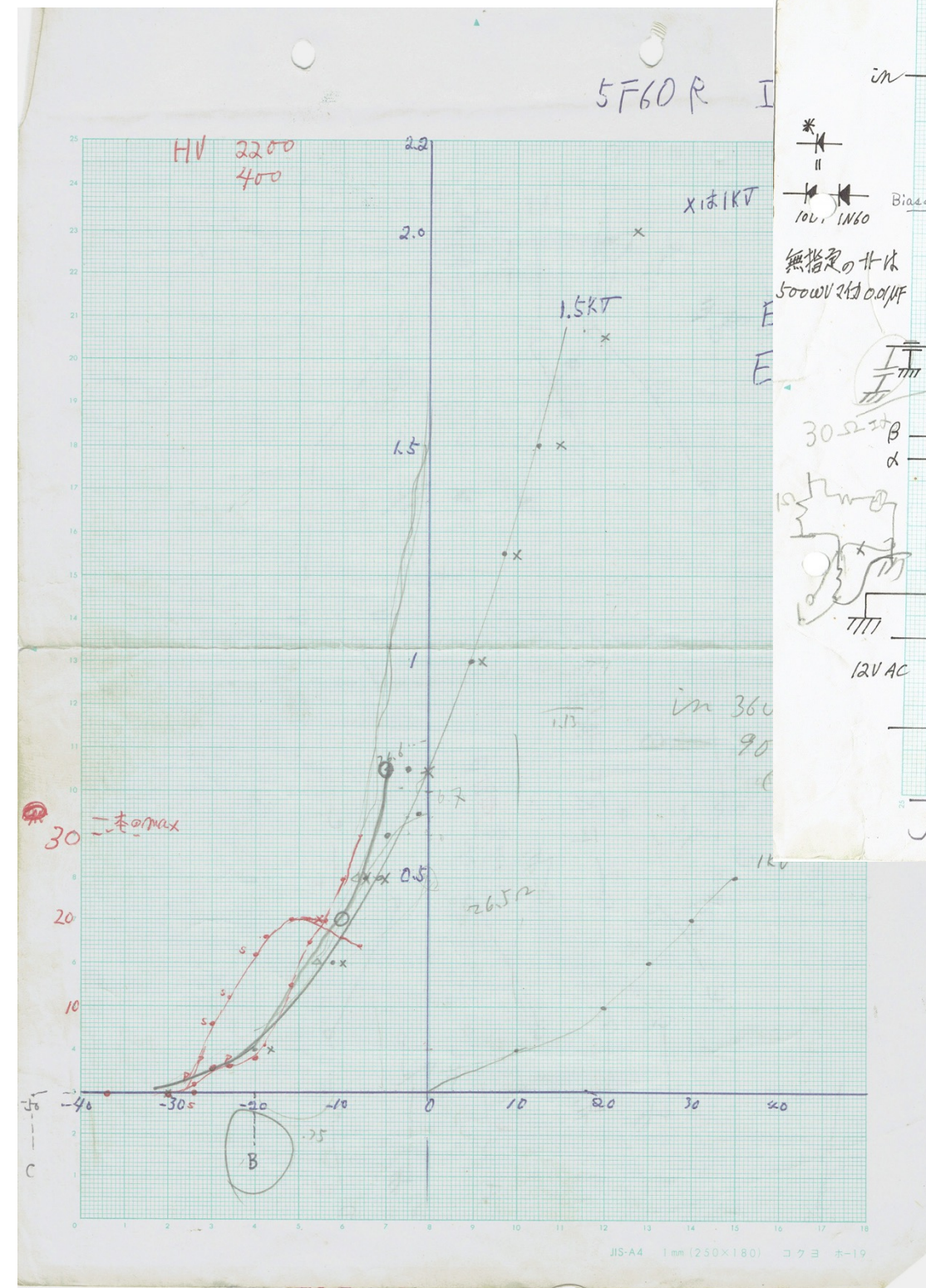
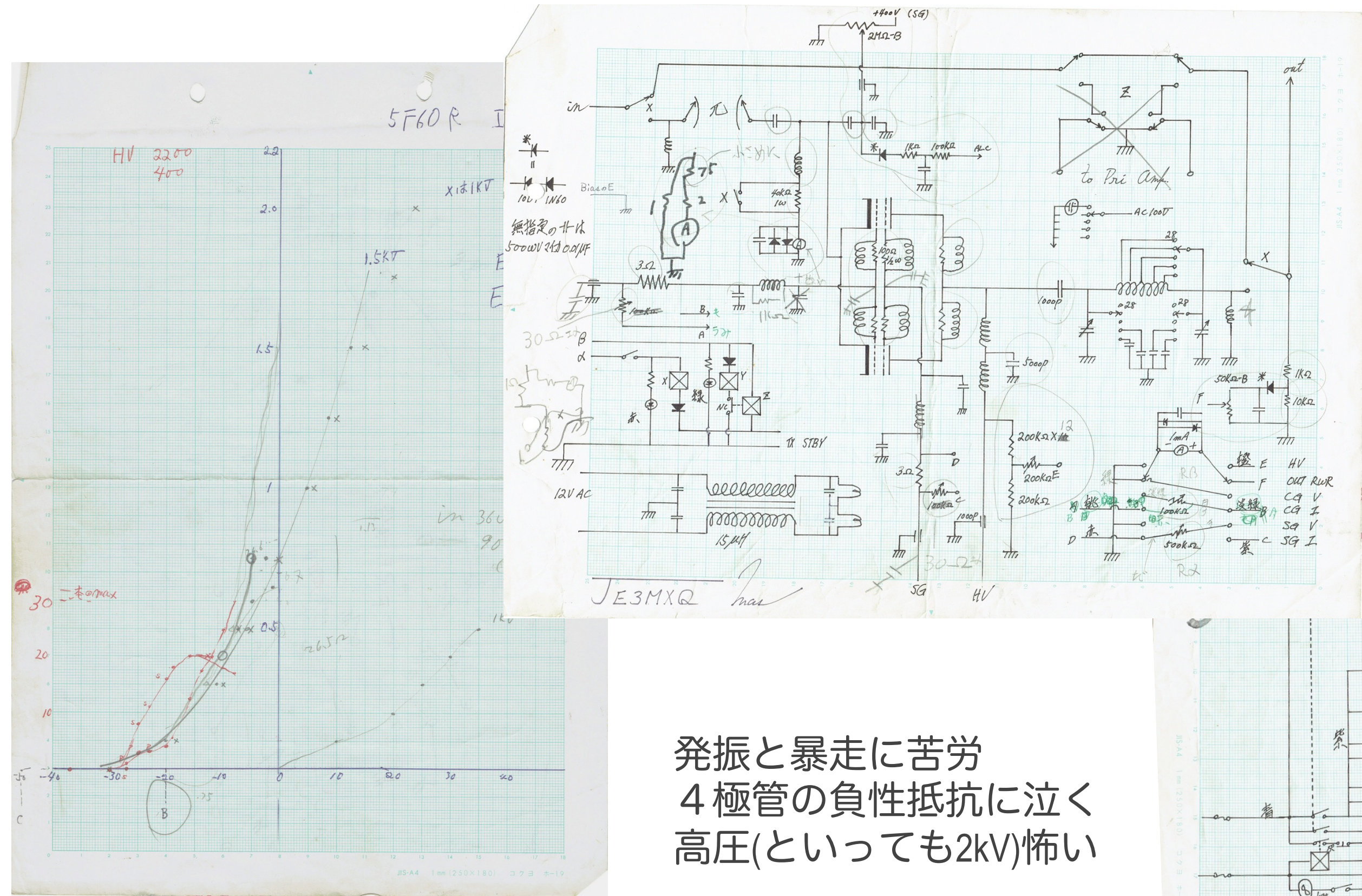
# 大阪大学アマチュア無線部員として自主活動1

- 第1級アマチュア無線技士取得
  - 自宅で500W免許(アマチュア局として当時最大出力)
  - 自分の電波が地球を回ってくるのが聞える





# 500Wアンプは自分で設計製作



発振と暴走に苦労  
4極管の負性抵抗に泣く  
高圧(といっても2kV)怖い



# リニアアンプ終段管 5F60R 2本 (4極板極管)

Toshiba 技術資料

東芝送信管  
5F60R  
強制空冷4極管

東芝5F60Rは最大陽極損失450Wの強制空冷4極管で、各電極の引出しは同軸円筒形のセラミック封じになっていて、1215Mc迄好能率に動作する。UHF帯のテレビ、FM放送、その他の各種送信機に適する。



一般定格

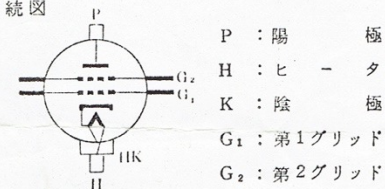
電氣的定格

陰極: 傍熱形酸化物塗布	
ヒータ電圧	6 V
ヒータ電流	5.5 A
最小予熱時間	120 sec
第2グリッド増幅率	1.5
電極間静電容量	
第1グリッド-陰極	25 pF
第1グリッド-第2グリッド	39 pF
第2グリッド-陽極	8.2 pF
第1グリッド-陽極	0.07 pF
第2グリッド-陰極	0.9 pFMax
陽極-陰極	0.02 pFMax
最大全入力で使用可能な最高周波数	1215 Mc

機械的定格

外形寸法	
全長	61 mmMax
最大部直径	60 mm
重量(約)	250 g
使用位置	任意

接続図



冷却

ラジエータ部:	
風量	0.25 m <sup>3</sup> /min
静圧降下	5 mm水柱
各端子部:	
風量(約)	0.1 m <sup>3</sup> /min
ラジエータ部最高温度	250 °C
各封じ部最高温度	250 °C

無線周波電力増幅B級テレビジョン  
(映像および音声信号同時増幅の場合)

最大定格

陽極直流電圧	2000 V
第2グリッド直流電圧	600 V
第1グリッド直流電圧	V
陽極損失	450 W
第2グリッド損失	12 W

動作例 周波数800Mc以下 帯域幅6Mc (-1db)

グリッド接地  $r=5.882K$

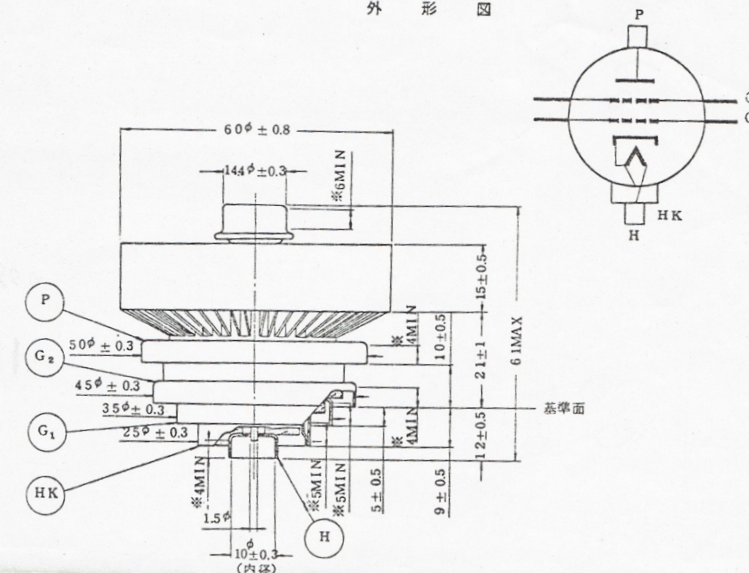
陽極直流電圧	1500 V
第2グリッド直流電圧	400 V
第1グリッド直流電圧	-20 V
第1グリッド無線周波音声中心頭電圧映像	
同期レベル	1.05 + 2.1 V
黒レベル	1.05 + 1.6 V
白レベル	1.05 + 2.6 V

陽極直流電流	
同期レベル	255 mA
黒レベル	190 mA
零信号	110 mA
第2グリッド直流電流	
同期レベル	— mA
第1グリッド直流電流(約)	
同期レベル	15 mA
励振電力(約)*	
同期レベル	4 + 1.6 W
陽極出力	
同期レベル	30 + 12.0 W
黒レベル	30 + 6.75 W
白レベル	30 + 1.9 W

\*回路損失を含む

5F60R

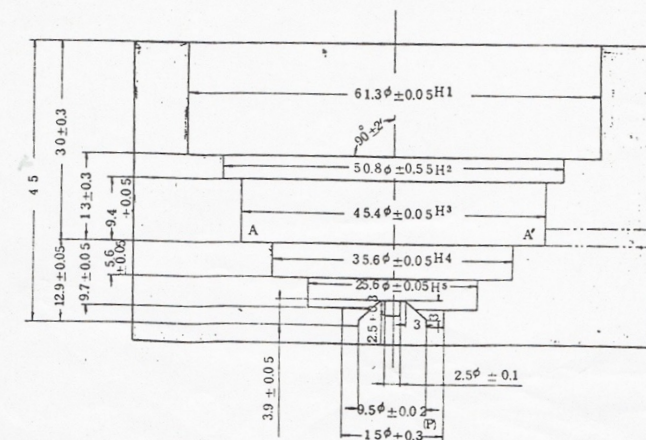
外形図  
口金接続(底面図)



注 1. 番号は有効接触部分の長さを示す。  
2. 5F60R用ゲージに適合すること。

5F60R用ゲージ

単位 mm



注:  
1. 穴H1~H5突出部Pのへだたりは0.025以下  
2. A-A'面の平坦度0.02以内  
3. A-A'面に厚さゲージを入れるよう適当なスロットを作っておくこと。  
4. G2端子とA-A'面との間に厚さ0.25±0.02巾3.2±0.1の厚さゲージが入ってはならない。

ソケットも自作  
陽極電圧 2000V



# 大阪大学アマチュア無線部員として自主活動 2,3

## ● 海外遠征

- 1983 (D1) ツバル(フィジー経由)
- 1984 (D2) モルジブ
- 1984 (D2) スリランカ

OSAKA UNIVERSITY RADIO CLUB  
JA3YKC PACIFIC DX-PEDITION 1983

TO

EQUATOR P29★ TUVALU ★C21  
FUNAFUTI ATOLL - CENTRAL PACIFIC

CONFIRMING QSO  
DATE  
29  
30-Oct.1983  
UTC

BAND  
MHZ

2WAY RS  
SSB 59

VERIFIED BY

T2★  
3D2★  
INTERNATIONAL DATE LINE

WORLD WIDE DX CONTEST

TROPIC OF CAPRICORN ★FK8

JE3MAS JE3MXQ JG3CXJ JR3KEG  
MAS YAMA HAL YUGH

Special thanks to  
YAESU Corp.  
AND  
WARD Inc.  
FOR  
RENTING EQUIPMENT

OSAKA Univ. Radio Club, 1-1 Machikaneyama, Toyonaka, OSAKA, JAPAN



SRI LANKA

JA3YKC / 4S7

1984 WORLD DX-PEDITION OF JA3YKC

CONFIRMING QSO WITH	DATE	UTC	BAND	2WAY	RST
	Aug Sep 1984		MHz	SSB CW	

OPERATORS: JE3MXQ JR3KEG JH4PAM

EQUIPMENT: YAESU FT-757GX x2 TA-33

QSL verified by

OSAKA University Radio Club, JA3YKC, 1-1 Machikaneyama, Toyonaka, OSAKA, JAPAN

- 博士課程後期課程の間にエスペラント語の本格学習開始



# 大阪大学 学生として

---

- 大阪大学工学部通信工学科第三講座に配属

- 学生同士で相談して配属案を作成し教員に提出

- 教員体制

- 滑川敏彦 教授

- 笠原正雄 助教授, 森永規彦 講師, 村田正 助手, 佐藤正志 助手

- 研究課題

- 卒業論文

- スペクトル拡散 衛星通信方式における非線形衛星中継器の影響に関する研究

- 修士論文

- スペクトル拡散 衛星通信方式における衛星中継器の非線形性の影響に関する研究

- 博士論文

- 多元接続信号の受信特性に与える衛星中継器の非線形性の影響に関する研究

水中通信ではなく  
衛星通信



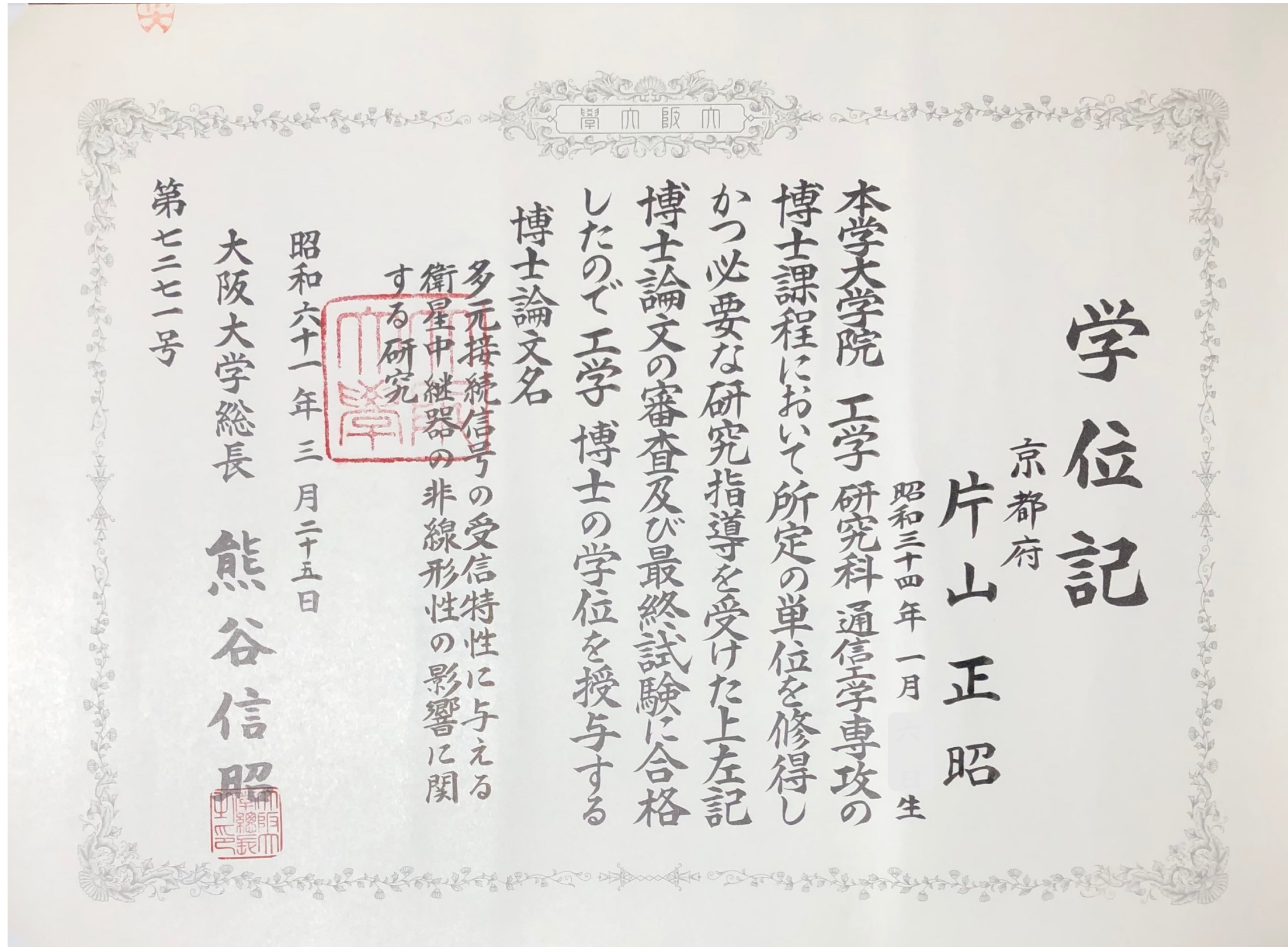
# 博士論文の概要

---

1. 複数搬送波方式に対する衛星中継器の非線形性の影響
  - 振幅非線形性・位相非線形性の両方を考慮
  - スペクトル拡散多元接続(SSMA)と周波数分割多元接続(FDMA)を比較
  - 評価は信号対不要成分電力比
  - 位相非線形の影響は無視できない
  - SSMAの方がFDMAより非線形増幅に強い
2. ハードリミタ型衛星中継器による4相デジタル位相変調信号の伝送特性
  - 極端な振幅非線形性（ハードリミタ）を想定. 位相非線形性は存在しない
  - 帯域制限された単一の4相デジタル位相変調(QPSK)を想定.
  - 非線形増幅による送受信フィルタの不整合が特性劣化の主因
  - 位相変化が90度の場合に非線形増幅により特性が大幅劣化する現象説明



1986年3月25日 工学博士





大学院卒業後



# 豊橋技術大学 1986～1989(H1)

---

- 1986年 豊橋技術大学 計算機センター 助手 27歳
  - 工学部 秋丸春夫教授の研究室
- 情報処理センターへの昇格(1988年)に尽力
  - 高速デジタル通信(光ファイバ：64kbps)で名大と結ぶ(日本初)
  - 学内Network：全国に先駆けて、光ファイバ基幹+Ethernet の高速LAN敷設
- 研究
  - トラヒック理論
    - 迂回中継
    - 即時待時混合溢れ呼
    - 衛星通信の遅延の影響
  - 学内電子メール網
  - UNIXの勉強



# 大阪大学 1989～1992

---

- 1989年 大阪大学 大型計算機センター 講師 30歳
  - 工学部 森永規彦 教授の研究室
- スーパーコンピュータ導入
  - NEC SX-3
  - 米国との貿易摩擦：衛星・木材・スパコン
- 研究
  - 低軌道衛星
  - インパル性雑音(非ガウス雑音)
  - 小型衛星研究会
    - 米国・欧州へも視察
    - 小川明先生と出会う



# 大阪大学 1989～1992

---

- 1989年 大阪大学 大型計算機センター 講師 30歳
  - 工学部 森永規彦 教授の研究室
- スーパーコンピュータ導入
  - NEC SX-3
  - 米国との貿易摩擦：衛星・木材・スパコン
- 研究
  - 低軌道衛星
  - インパル性雑音(非ガウス雑音)
  - 小型衛星研究会
    - 米国・欧州へも視察
    - 小川明先生と出会う



# 名古屋大学 1992～2000

---

- 1992年 名古屋大学 工学部 講師 33歳
  - 小川明 教授
- 1993年 名古屋大学 工学部 助教授 34歳
  - 1993年 山里敬也 助手 着任
  - 1997年 山里敬也 助教授 昇任
  - 1998年 アバス・ジャマリプール助手 (1年間)
  - 2000年 小川明 教授 御退官 / 岡田啓 助手着任



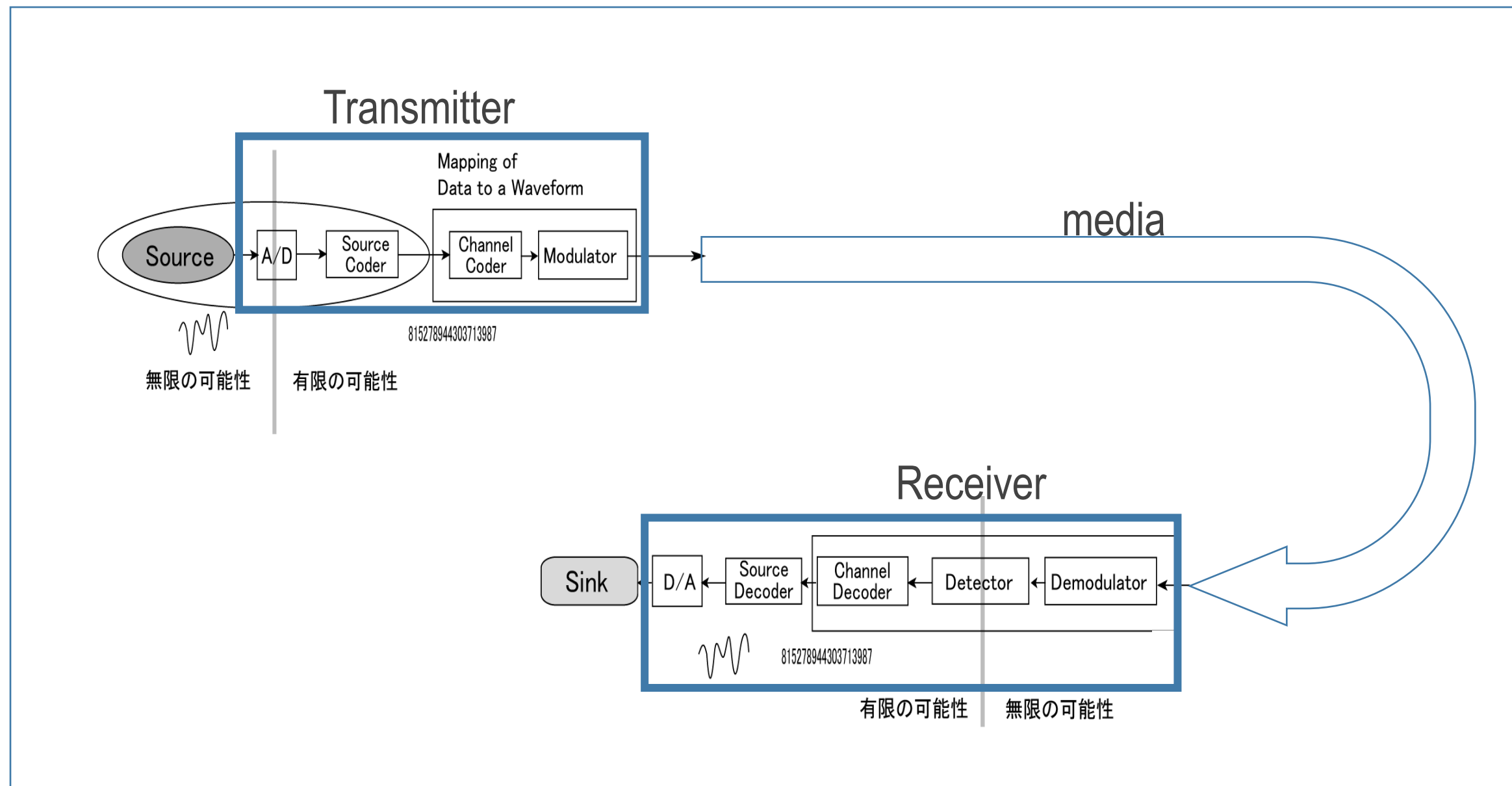
# 名古屋大学 2001～2024

---

- 2001年 名古屋大学 情報メディア教育センター 教授 42歳
  - 2007年 岡田啓 助手 新潟大学 助教授に
  - 2010年 山里敬也 先生 教授に
  - 2010年 小林健太郎 助教 着任
  - 2011年 岡田啓 准教授 着任
  - 2020年 小林健太郎 先生 名城大学 准教授に  
BEN NAILA Chedlia 助教 着任
- 2004年 エコトピア科学研究機構 (2006よりエコトピア科学研究所) 教授 45歳
  - 2012～2015年 副所長
- 2015年 未来材料・システム研究所 教授 56歳
  - 2015～2016年 副所長



# 無線通信システム





# 情報通信システム

---

情報を電気的信号に変換して伝送

- 有線システム

- 電流 ----- 電話 など
- 電波, 光 --- CATV, 光ファイバ など

- 無線システム

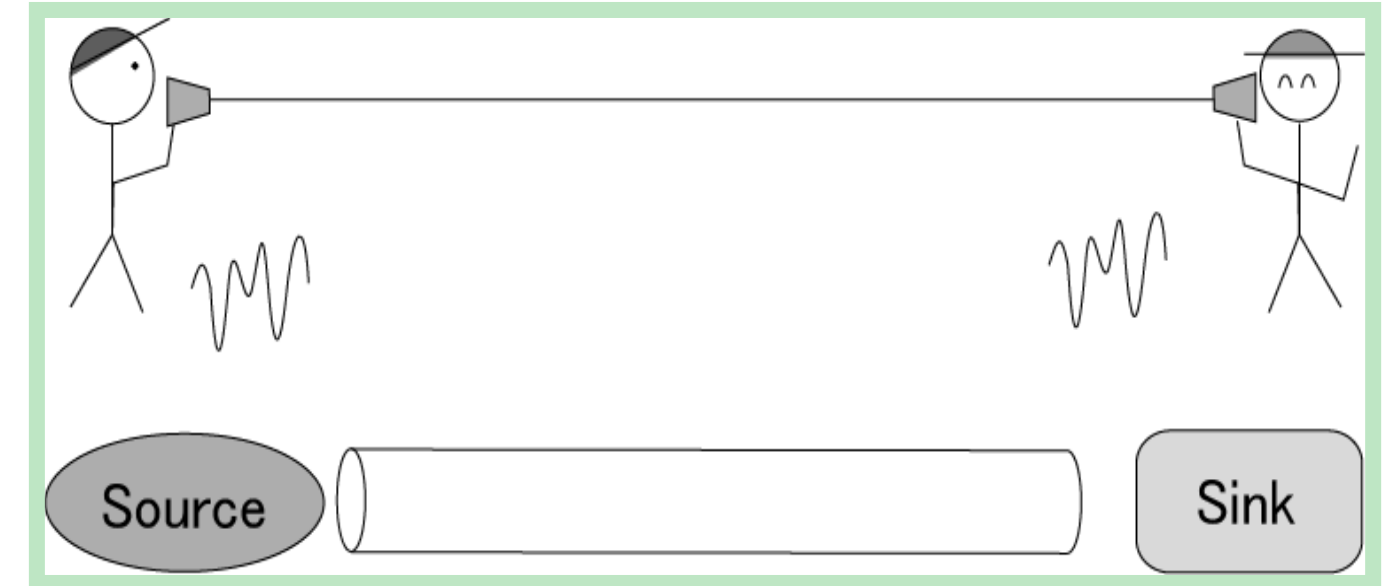
- 電波
- 光
- 超音波



# 有線 vs 無線

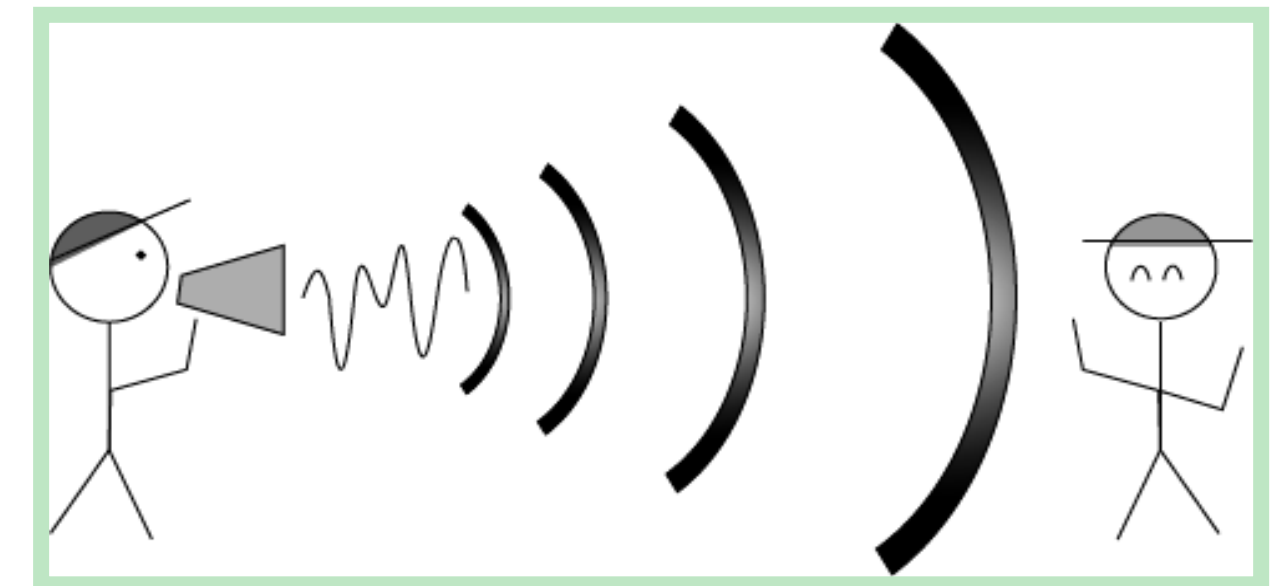
## ● 有線通信

- 複数の通信が実現容易
- 混信や妨害に強い
- 長距離伝送しても品質保持が容易



## ● 無線通信

- 複数の通信の区別が困難
- 混信や妨害に弱い
- 長距離伝送したときの品質保持が困難



● 線路が不要！

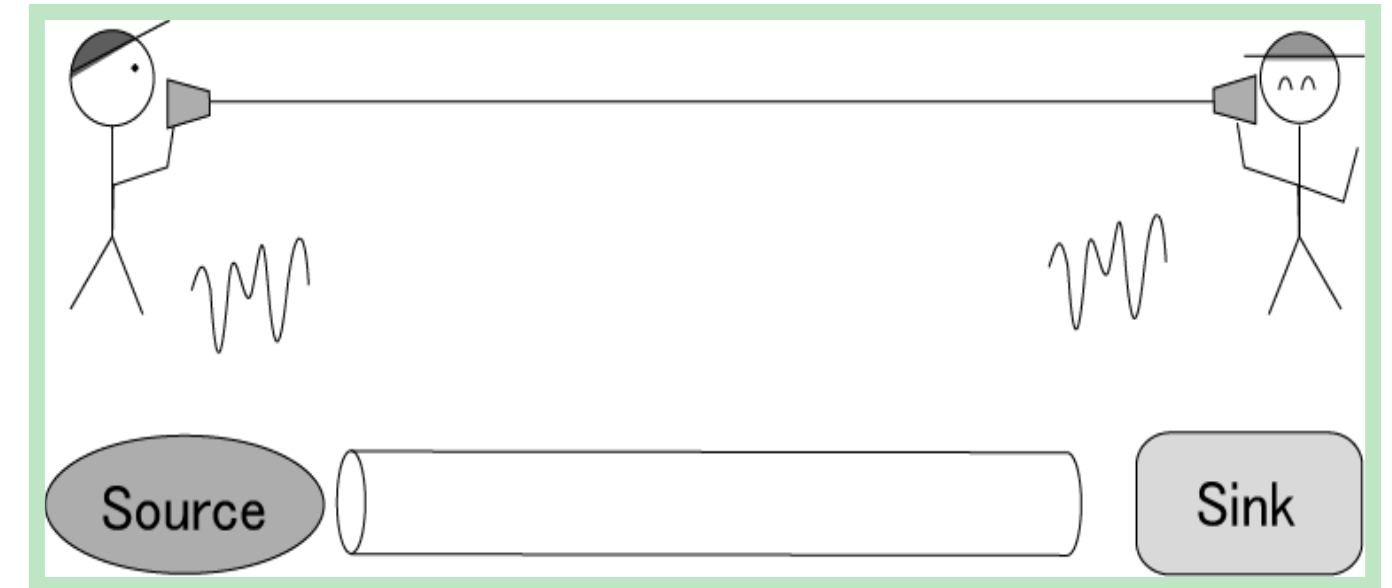
- 長所の前では、欠点も愛することができる



# 有線 vs 無線

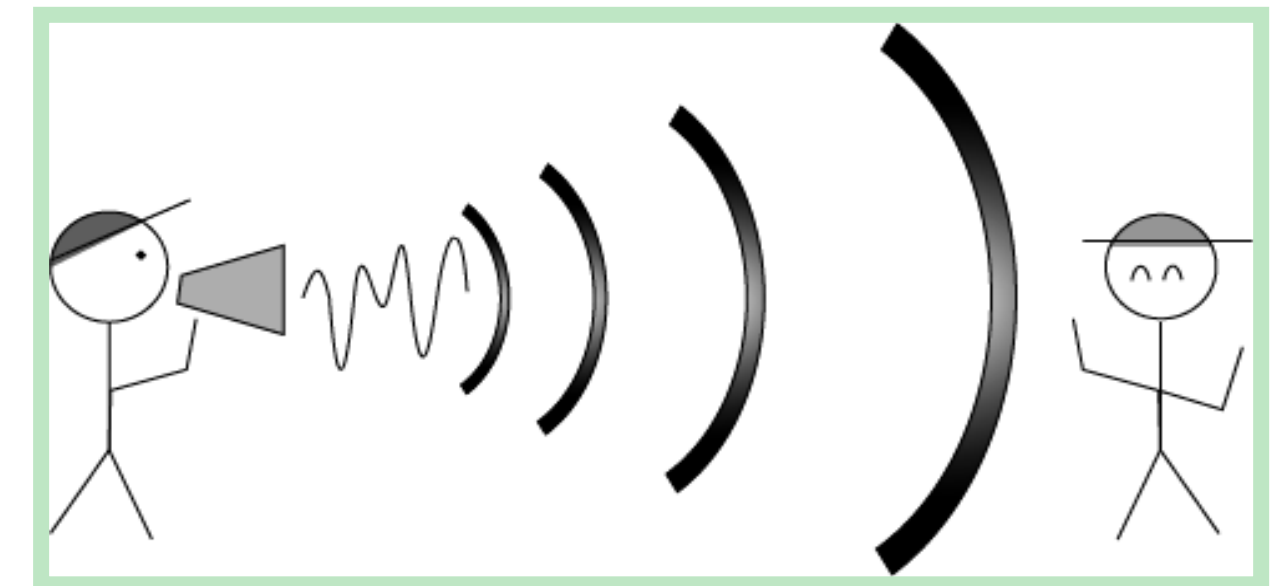
## ● 有線通信

- 複数の通信が実現容易
- 混信や妨害に強い
- 長距離伝送しても品質保持が容易



## ● 無線通信

- 複数の通信の区別が困難
- 混信や妨害に弱い
- 長距離伝送したときの品質保持が困難
- 線路が不要！
  - 長所の前では，欠点も愛することができる



# 無線通信は線がない (wireless)

---

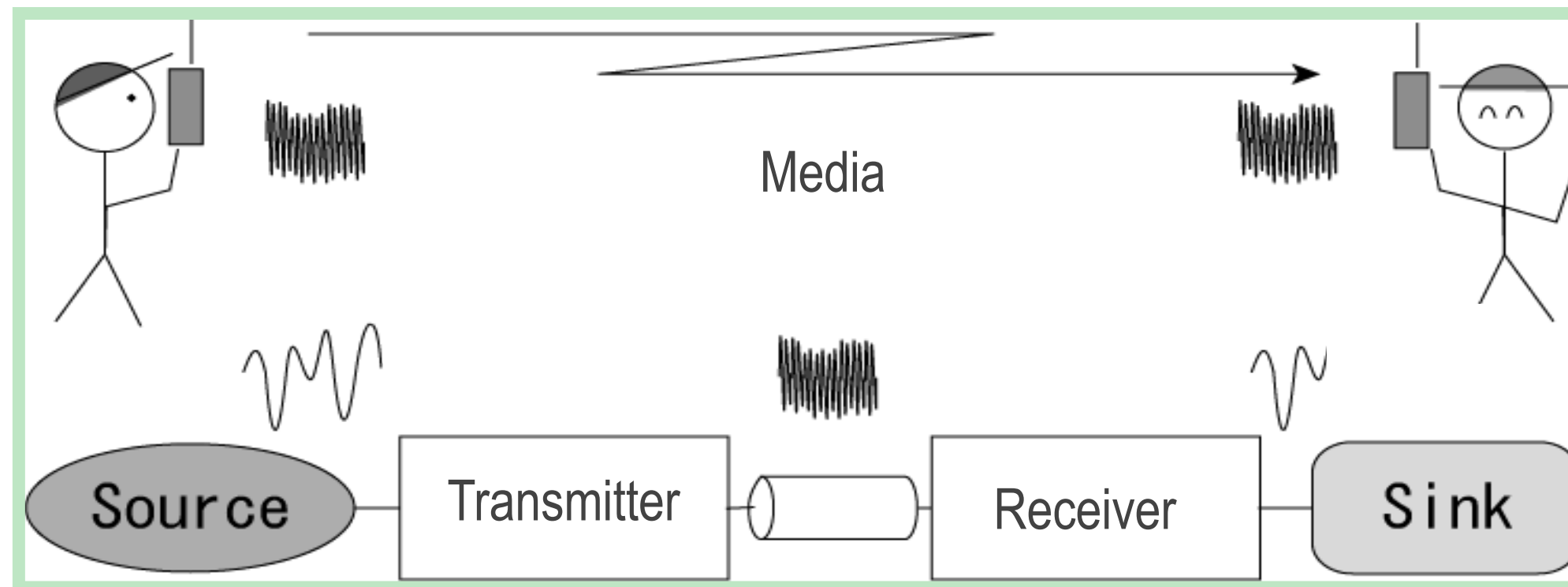
- 通信線敷設不要
  - 電線が引けないほどの遠距離(宇宙とか)でも通信可能
  - 離島・山岳でも問題なし
- 通信線断線を気にしなくて良い
  - 修理不要
  - 保守交換不要
- 移動・回転機器との通信が容易
  - 機器配置設計や配置変更も容易
- 障害物を回避して通信可能
  - 回折, 反射, 透過
- 放送(1対多通信) 容易



# 無線システム：送信機・通信媒体・受信機

音声やカメラ画像などを表す情報信号を、

- 送信機：伝送媒体に適した形の無線信号へ変換して送信。
- 受信機：伝送媒体を介して受信した無線信号を、もとの情報信号に戻す



# 無線通信の媒体：1. 電波

---

- 無線といえは電波：小電力で長距離
- 周波数によって多様な用途に適した伝搬実現
- 周波数スペクトルは有限
  - 厳しい法規制

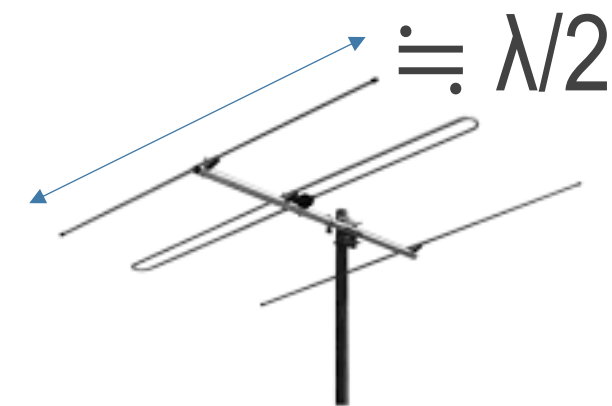


# 無線通信に用いられる周波数

Bands		Frequency	Wavelength	Example Usages
VLF	myriameter wave 超長波	3-30kHz	100-10km	submarine, Suica
LF	kilometer wave 長波	30-300kHz	10-1km	standard time signals
MF	medium wave 中波	300-3000kHz	1000-100m	AM Broadcasting
HF	short wave 短波	3-30MHz	100-10m	SW Broadcasting
VHF	very short wave 超短波	30-300MHz	10-1m	FM Broadcasting
UHF	ultra short wave 極超短波	300-3000MHz	100-10cm	Wireless LAN
SHF	centimeter wave マイクロ波	3-30GHz	10-1cm	Satellite TV
EHF	millimeter wave ミリ波	30—300GHz	10-1mm	millimeter wave 5G
THF	submillimeter wave サブミリ波	0.3-3THz	1-0.1mm	terahertz imaging

- LF: Low Frequency
- MF: Medium Frequency
- HF: High Frequency
- V: Very
- U: Ultra
- S: Super
- E: Extremely
- T: Tremendously

波長 = 光速(300Mm/s) / 周波数  
= 光速 × 振動周期



1000k = 1M  
1000M = 1G  
1000G = 1T

# 無線通信の媒体：2. 光

---

- 光無線

- LED/レーザーの光を変調

- 電波よりはるかに短い波長(高い周波数)

- 赤外線 0.7～数百 $\mu\text{m}$  ( $\sim 400\text{THz}$ )

- 可視光 380nm～780nm (400～800THz)

- サブミリ波 300GHz～3THz (0.1～1mm)

- 鋭い指向性実現

- 免許不要

- 可視光なら人と機械に同時情報伝送

- 水中通信可能



# 無線通信の媒体：3. 超音波


## ● 超音波

- 可聴周波数 ( $\sim 20\text{kHz}$ ) 以上の音波利用
- 音速：空気中  $340\text{m/s}$ , 海水中  $1500\text{m/s}$  (温度や密度で変化)
  - 自動車ソナー  $\sim 40\text{kHz}$   $340/40\text{k} = 8.5\text{ mm}$
  - 魚群探知機  $\sim 1\text{MHz}$   $1500/1\text{M} = 1.5\text{ mm}$
  - 腹部エコー  $1\sim 20\text{MHz}$   $1500/20\text{M} = 75\text{ }\mu\text{m}$
- 鋭い指向性
- 水中通信可能
- 高い周波数ほど減衰大
- 音声周波数信号を重畳すると特定対象者への音響伝送も可能
- 帯域幅  $>$  中心周波数 の Ultra wideband 信号
- 電波とは異なるドプラシフト

- マイクロ波 SHF  $3\text{GHz}\sim$  ( $\sim 10\text{cm}$ )
- ミリ波 EHF  $30\text{GHz}\sim$  ( $\sim 1\text{cm}$ )
- サブミリ波  $300\text{GHz}\sim 3\text{THz}$  ( $0.1\sim 1\text{mm}$ )

# いままでの研究

名古屋大学 未来材料・システム研究所  
(工学研究科 情報・通信工学専攻 協力講座)

 **片山研究室**

- ▶ トップページ
  - English
- ▶ 研究室について
- ▶ メンバー
- ▶ 研究
- ▶ 業績
- ▶ 学会スケジュール

## 業績

### 研究業績

- 論文
- 国際会議
- 研究会・シンポジウム
- 全国大会
- その他の学会など
- 学位論文
  - 博士論文
  - 修士論文
  - 卒業論文



# 主要な発表等

## ● 学会発表 四捨五入

- 論文誌論文 : 180
- 国際会議発表 : 240
- 国内学会発表 : 700
- 招待論文/講演 : 80

## ● 学生学位

(1992年度以降/2000年まで小川研)

- 卒業論文 197
- 修士論文 185
- 博士学位審査
  - 名古屋大学
    - 主査 : 17
    - 副査 : 31
  - 海外副査 : 5
    - シンガポール2,  
イタリア, フィンランド, スペイン

# 主な研究課題

---

- インパルス(非ガウス)雑音
  - 低軌道(非静止)衛星
  - 超電導デバイスによるソフトウェア無線
  - 光無線通信
  - 電力線通信
- 
- 視覚障害者のための情報伝送(i-Light House)
  - 環境配慮行動促進のための情報提示技術
  - 機械制御のための通信

上記は招待論文/招待講演の課題からピックアップしたものです。

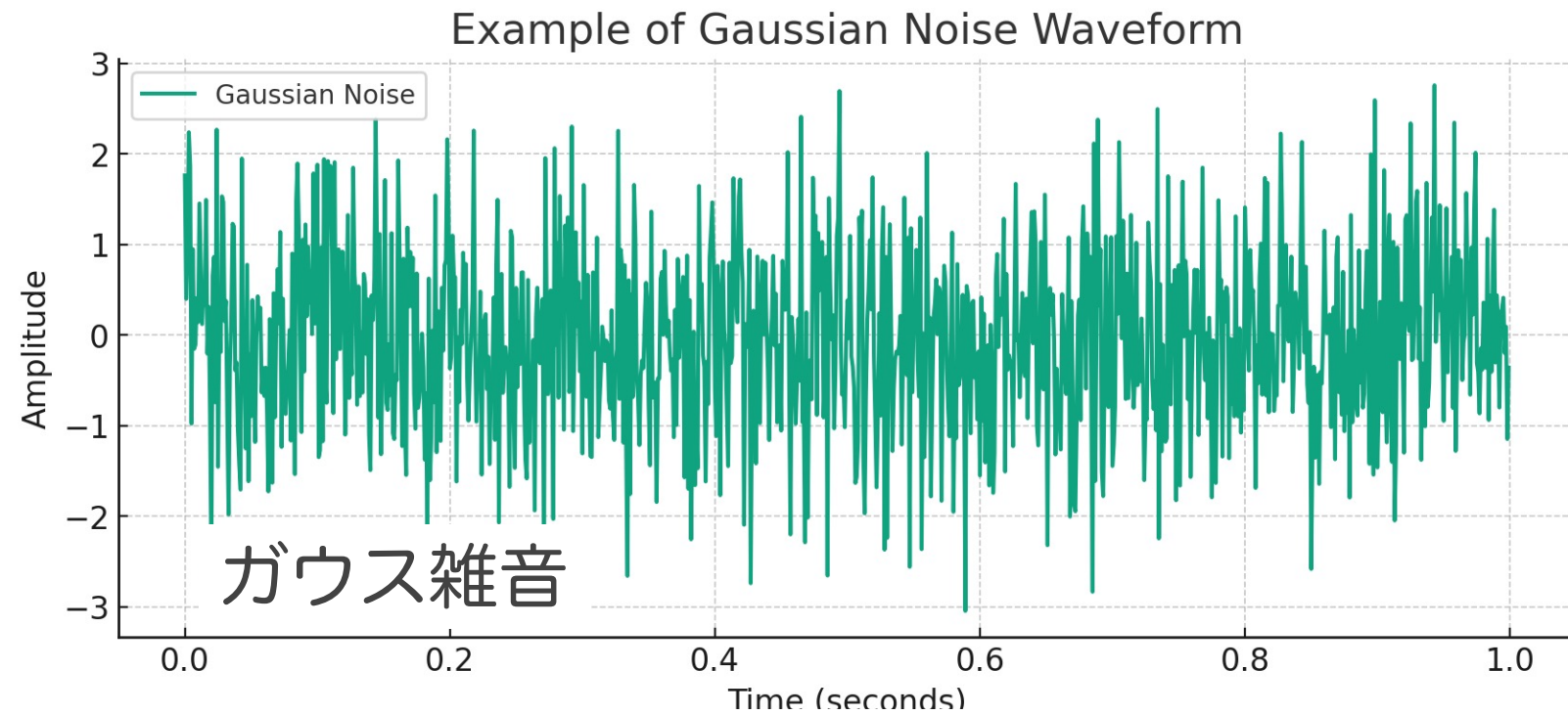
これ以外にも多くの重要な課題がありますが時間とスペースの関係でやむなく脱落しています。



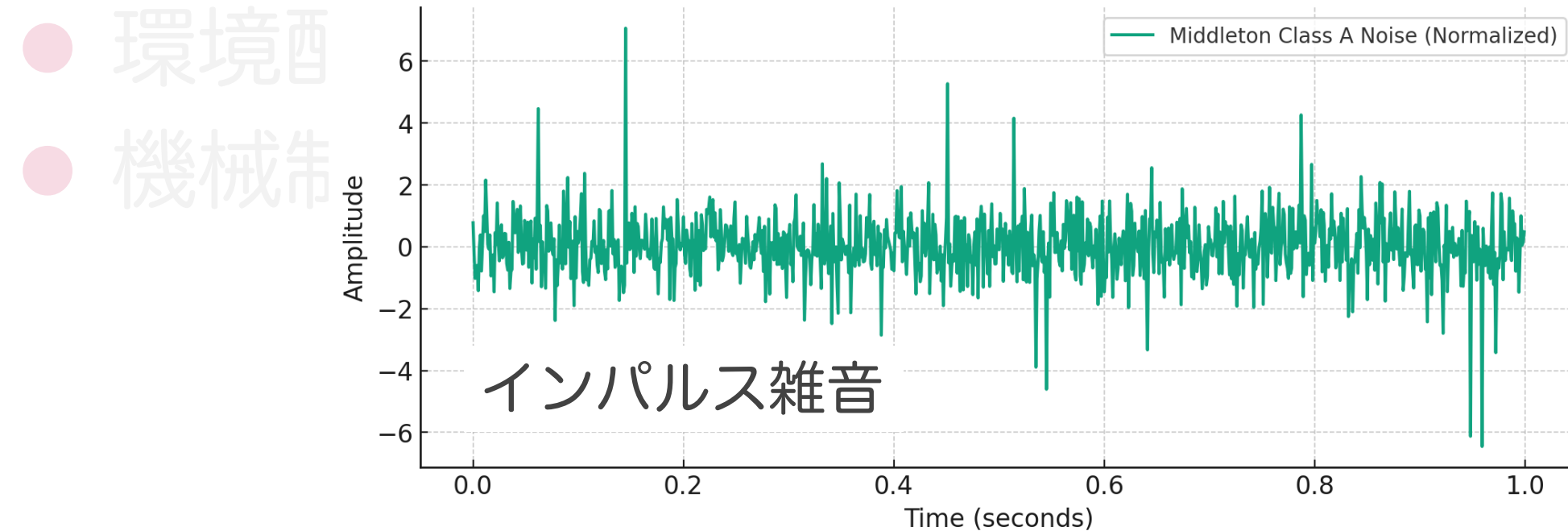
# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音

- 低軌道(非静止)衛星



Normalized Middleton Class A Noise Waveform with Standard Deviation of 1



「普通」の雑音（ガウス雑音）常識が、  
通用しない世界

1995年(約30年前)の論文

S Miyamoto, M Katayama, N Morinaga

"Performance analysis of QAM systems  
under class A impulsive noise environment,"  
IEEE trans. on EMC, 1995. が  
いまだに引用され続けている

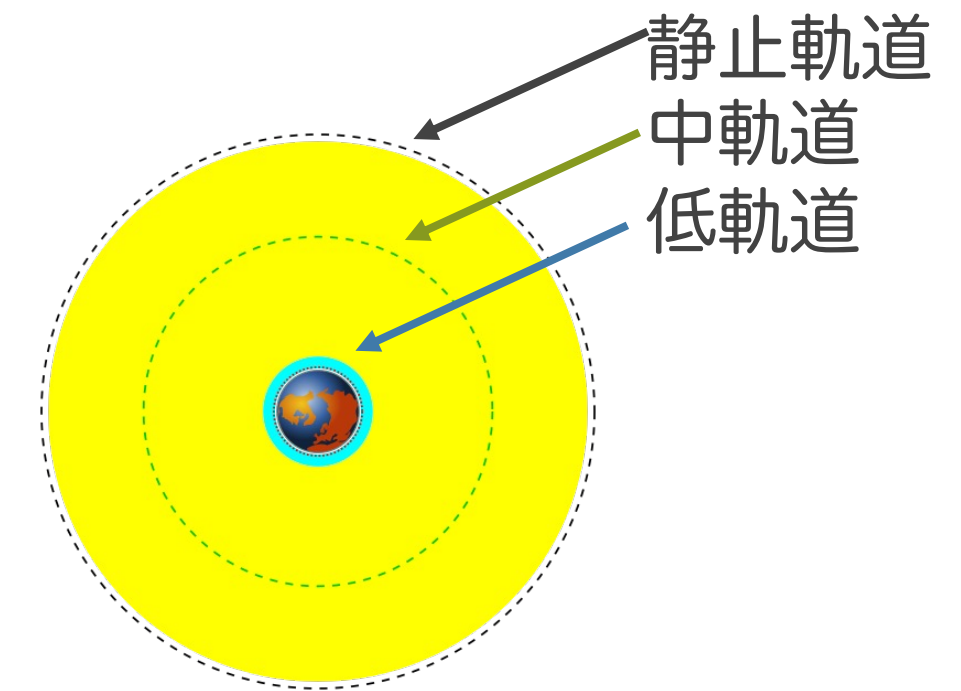
雑音波形例生成にはOpenAIのChatGPTを使用  
共に分散1, Middleton Class A (A=10,  $\gamma=40$ )

# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
  - **低軌道(非静止)衛星**
  - 超電導デバイスによるソフトウェア無線
  - 光無線通信
  - 電力線通信
- 
- 視覚障害者のための情報伝送(i-Light House)
  - 環境配慮行動促進のための情報提示技術
  - 機械制御のための通信

静止衛星軌道はただひとつ  
赤道上36000kmの軌道  
電波でも往復 0.24秒以上

非静止衛星軌道は無限  
低衛星軌道(≦ 約2000km)も無限





# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- **低軌道(非静止)衛星**
- 超電導デバイスによるソフトウェア無線
- 光無線通信
- 電力線通信

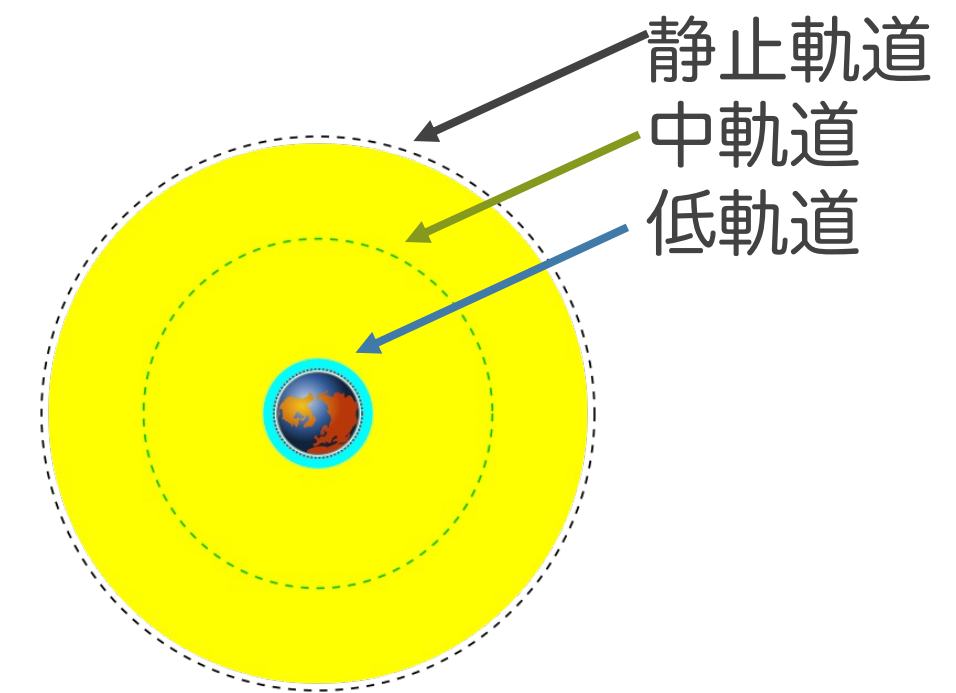
静止衛星軌道はただひとつ  
赤道上36000kmの軌道  
電波でも往復 0.24秒以上

非静止衛星軌道は無限  
低衛星軌道(≦ 約2000km)も無限

- 視覚障害者のための情報伝送(i-Light House)
- 環境配慮行動促進のための
- 機械制御のための通信

## 低軌道衛星

- ・ 低遅延
- ・ サービスエリアは小さい
- ・ 電波強度が強い
- ・ 非静止：複数必要  
国境を軽々越えて行く



# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによるソフトウェア無線



ベルリンの壁  
1961-1989

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berlinermauer.jpg>

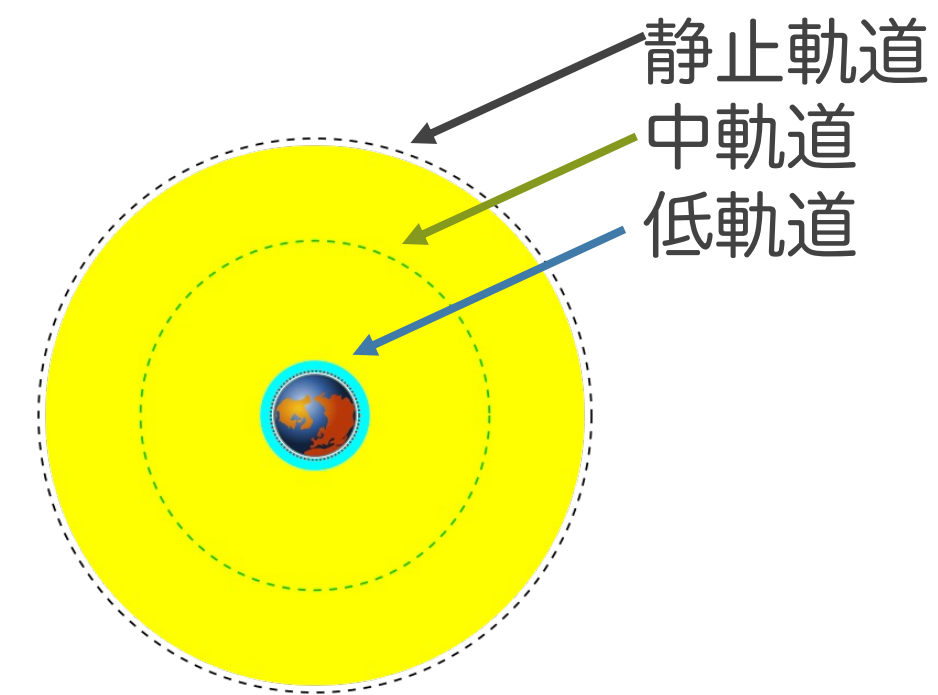
静止衛星軌道はただひとつ  
赤道上36000kmの軌道  
電波でも往復 0.24秒以上

非静止衛星軌道は無限  
低衛星軌道(≦約2000km)も無限

## 低軌道衛星

- ・ 低遅延
- ・ サービスエリアは小さい
- ・ 電波強度が強い
- ・ 非静止：複数必要

国境を軽々越えて行く



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orbits\\_around\\_earth\\_scale\\_diagram.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orbits_around_earth_scale_diagram.svg)



# 主な研究課題 non-non-non

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによるソフトウェア
- 光無線通信
- 電力線通信
- 視覚障害者のための情報伝送(i-Light)
- 環境配慮行動促進のための情報提示
- 機械制御のための通信

学生時代からの課題  
「中継器の非線形性」を含めて

3つとも 非○○

\* non-linearity

\* non-Gaussian

\* non-geostationary

非○○は特殊？

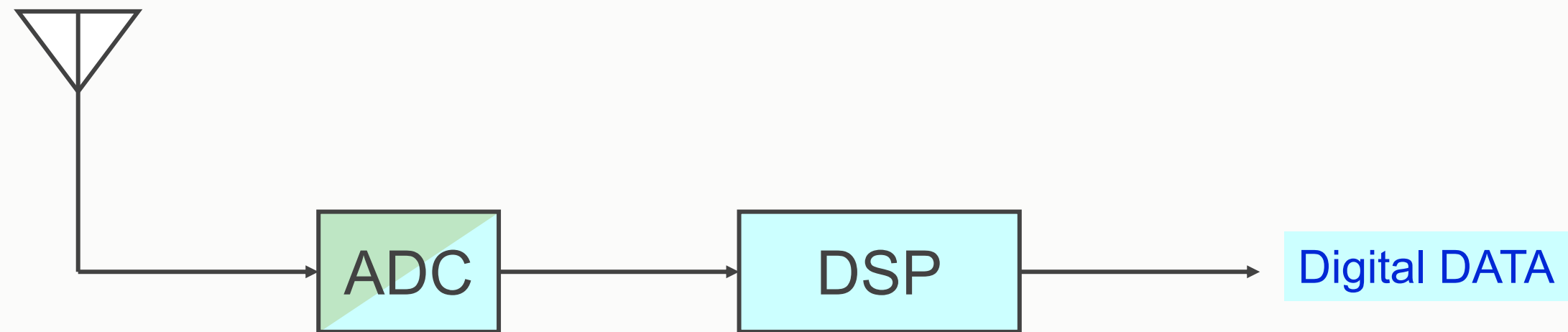
非○○ (non-xxx) は,

- ・ 「普通の○○(xxx)」を除く全てを包含.
- ・ 「普通の○○(xxx)」も特例として包含.

非○○(non-xxx)はより広く自由な世界  
学問は、自由をもとめて発展  
(一般化. 拡張の歴史)

# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによるソフトウェア無線
- 光無線通信
- 電力線通信



藤巻朗先生，早川尚夫先生の研究室と小川研の共同研究

アンテナ直下に低雑音高速の超電導A/D変換器を設置して全ての信号処理をデジタル的に実現しようとするもの。

直後に  
電子情報通信学会  
ソフトウェア無線研究会発足

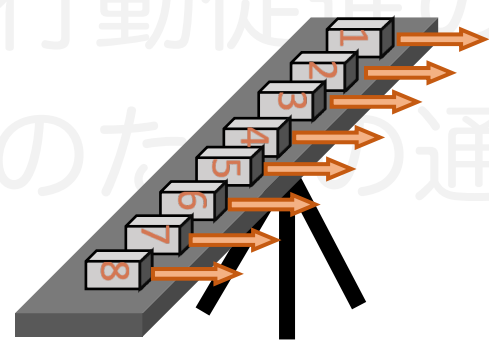
無線システムの抽象化に大きな役割。

ソフトウェア無線の考え方はその後も発展し研究全体に影響。

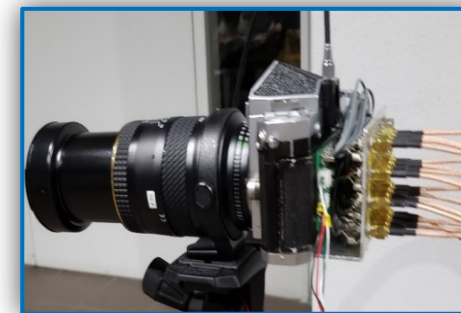


# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
  - 低軌道(非静止)衛星
  - 超電導デバイスによる
  - **光無線通信**
  - 電力線通信
- \* 多数端末が赤外光を用いて情報を基地局に伝える  
センサネットワークにおける多元接続
- \* 複数の赤外線送光器から同時に送信することで  
高速伝送を実現する光MIMO方式による  
屋外遠距離基幹通信システム
- \* 照明, 信号機, ディスプレイなどによる可視光通信  
(山里先生, 岡田先生, 小林先生が中心)



光復調器アレイ



イメージング受光器

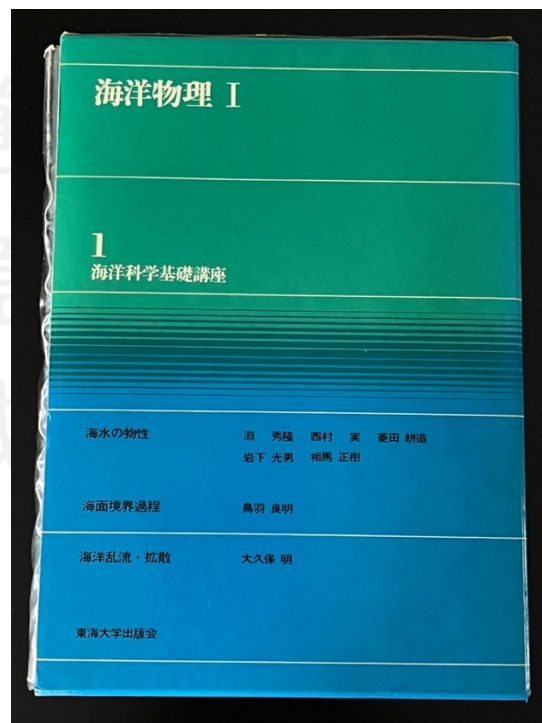
# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによる
- **光無線通信**
- 電力線通信

\* 多数端末が赤外光を用いて情報を基地局に伝える  
センサネットワークにおける多元接続

\* 複数の赤外線送光器から同時に送信することで  
高速伝送を実現する光MIMO方式による  
屋外遠距離基幹通信システム

\* 照明, 信号機, ディスプレイなどによる可視光通信  
(山里先生, 岡田先生, 小林先生が中心)



この本も最近購入

2020年から水中光無線の研究開始

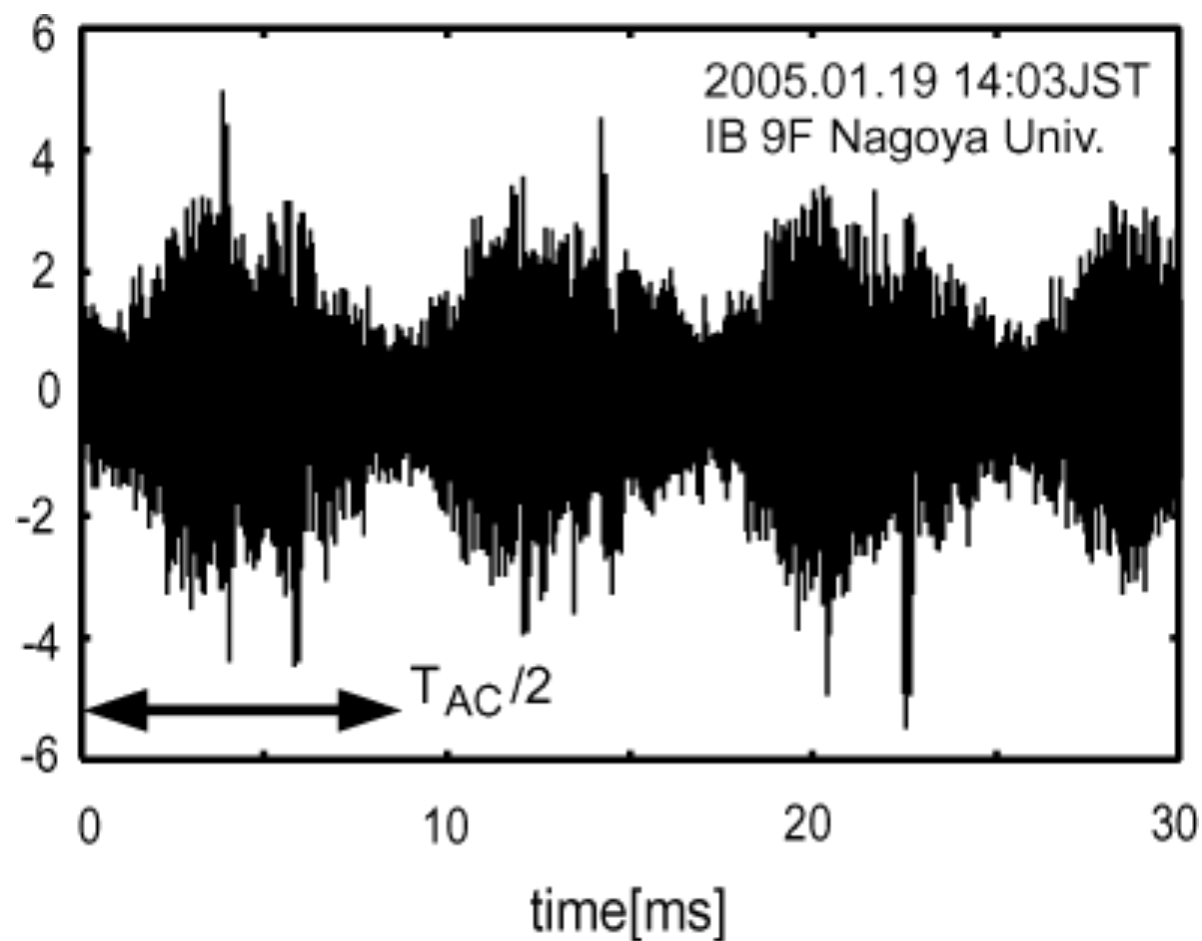
2022年 電子情報通信学会

水中無線技術特別研究専門委員会発足(発起人・委員)



# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによるソフトウェア
- 光無線通信
- 電力線通信



1995年頃から

特に電力線通信における

- ・ 雑音の周期定常性
- ・ 各受信機・周波数・時間での非独立性

測定実験で検証しモデル化

M Katayama, T Yamazato, H Okada

"A mathematical model of noise in narrowband power line communication systems,"

IEEE Journal on Selected Areas in Comm., 2006.

現在も毎年引用論文が出版され電力線通信分野の基本文献の一つ

# 主な研究課題

---

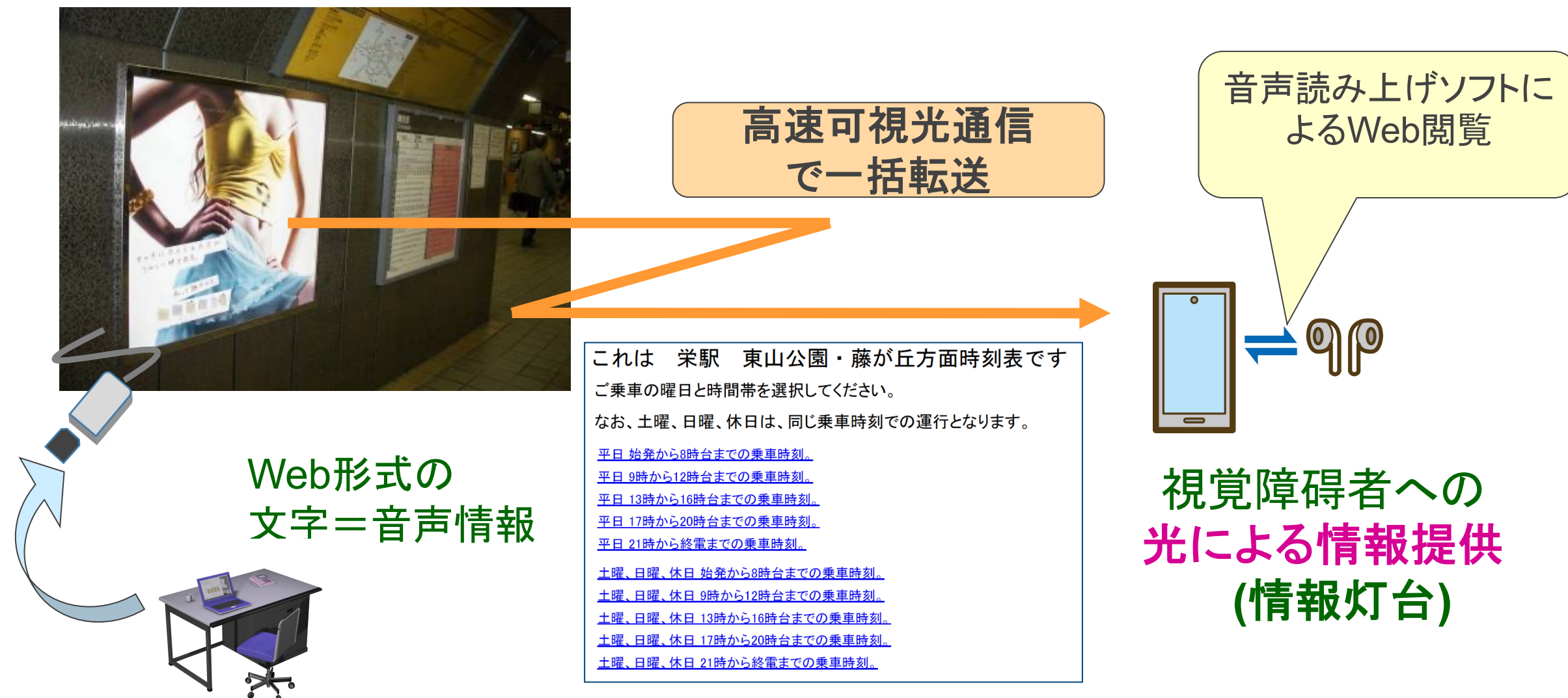
- インパルス(非ガウス)雑音
  - 低軌道(非静止)衛星
  - 超電導デバイスによるソフトウェア無線
  - 光無線通信
  - 電力線通信
- 
- 視覚障害者のための情報伝送(i-Light House)
  - 環境配慮行動促進のための情報提示技術
  - 機械制御のための通信



# 情報灯台

NEC, 視覚障害者団体(名古屋ライトハウス) と協働.  
ビジネスモデル策定や駅構内での視覚障害者による実証実験も実施

- LED面発光パネルに光変調制御を導入し  
可視光通信機能を実現
  - 視覚障害者を対象とし, 携帯型端末への情報送信機能を実現
  - 晴眼者には背面照明広告板・案内板機能を提供



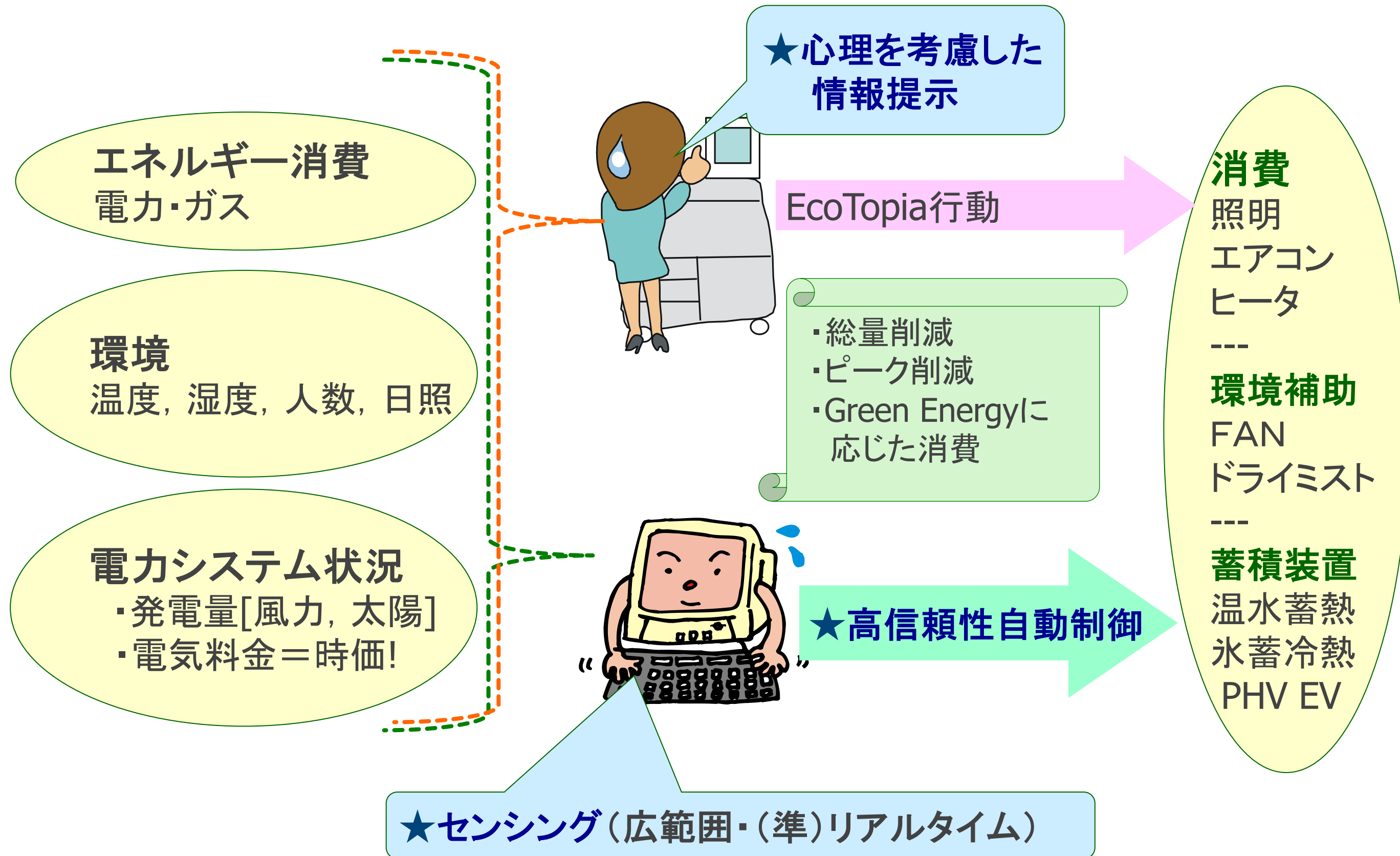
# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによるソフトウェア無線
- 光無線通信
- 電力線通信
  
- 視覚障害者のための情報伝送(i-Light House)
- **環境配慮行動促進のための情報提示技術**
- 機械制御のための通信

エコトピア科学研究所において  
「環境調和型社会実現のための  
文理融合研究」として  
心理学・教育学の研究者と  
共同で実施

日本社会心理学会でも発表

環境問題への情報通信技術の応用  
Electric Energy EcoTopia





# 主な研究課題

- インパルス(非ガウス)雑音
- 低軌道(非静止)衛星
- 超電導デバイスによる
- 光無線通信
- 電力線通信
- 視覚障害者のための情報
- 環境配慮行動促進のため
- 機械制御のための通信

1999年 名古屋産業科学研究所  
超高信頼性無線通信システム研究会 設立  
名大, 名工大, 三菱重工, 東海理化,  
東朋テクノロジー, 矢崎総業, リンナイ,  
愛知県工業技術センター, デンソー

以降  
制御のための通信について幅広い研究実施

2010年 電子情報通信学会  
高信頼制御通信時限研究専門委員会  
創設時より副委員長/委員長

2014年 高信頼制御通信研究専門委員会  
昇格時より2017年まで委員長, 以後顧問.

# 制御通信の特徴

---

- 高頻度
  - 機械制御：典型例は1ms
  - 周期的な場合が多い（特にフィードバック制御）
- 少量
  - ヘッダ+数bytes (Command/State Information)
  - 低速通信で可（複数機器では総計は高速化かも）
- 誤りに厳しい
  - 通信の失敗は制御の失敗
- 遅延に厳しい
  - Delay Intolerant Network
  - Jitterの方が問題？

# 制御通信の特徴

- 高頻度
  - 機械制御：典型例は1ms
  - 周期的な場合が多い（特にフィードバック制御）
- 少量
  - ヘッダ+数bytes (Command/State Information)
  - 低速通信で可（複数機器では総計は高速化かも）
- 誤りに厳しい
  - 通信の失敗は制御の失敗
- 遅延に厳しい
  - Delay Intolerant Network
  - Jitterの方が問題？

初期は

- ・ 通信性能が制御品質にあたる影響
- ・ 制御のための高信頼通信



# Cyber-Physical System with Machine to Machine Communications

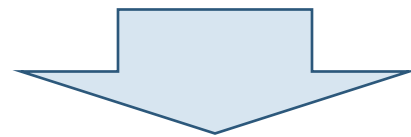
---

- 制御システムは

- インテリジェンス・複雑さ が小

- 数学で記述できる

by 原晋介先生(1962/01-2020/08)  
大阪市大学 教授



- 通信システム の制御への 影響評価可能

- 通信システムへの 制御からの要求予測可能

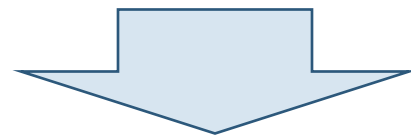
# Cyber-Physical System with Machine to Machine Communications

- 制御システムは

- インテリジェンス・複雑さ が小

- 数学で記述できる

by 原晋介先生(1962/01-2020/08)  
大阪市大学 教授



- 通信システム の制御への 影響評価可能

- 通信システムへの制御からの要求予測可能

制御理論が対象とする制御システムと、  
制御情報を伝送する 通信システムの 協働・統合最適化を目指す

# 人を含む遠隔制御システム

---

- 人が操作するシステム
  - ドローン等の遠隔制御
  - 過酷作業環境のためのロボット遠隔制御
  - ロボットへの作業教示, 単品製造, ロボット動作補正
  
- 人に働きかけるシステム
  - 人協働ロボット
  - サービスロボット
  - 手術ロボット
  - 社会システム



# 人を含む遠隔制御システムの評価の視点

---

- 人がシステム性能に与える影響
  - 操作者の習熟度・能力
  - 操作者の努力
  - システム性能主観評価
  
- システムが人に与える影響
  - 評価者の習熟速度
  - 評価者の負担・疲労
  - システムのMMIの影響

# 人を含む遠隔制御システムの評価の視点

- 人がシステム性能に与える影響

- 操作者の習熟度・能力
- 操作者の努力
- システム性能主観評価

- システムが人に与える影響

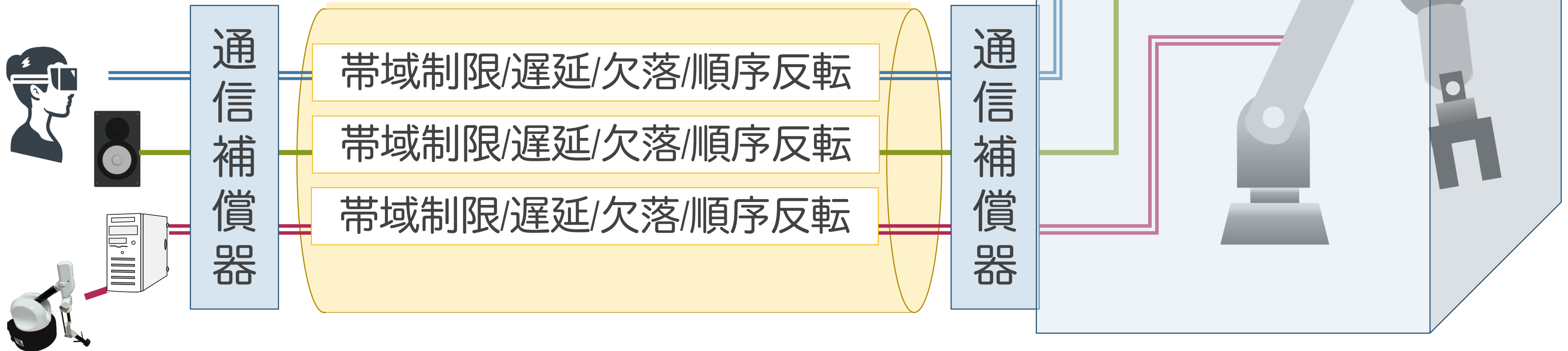
- 評価者の習熟速度
- 評価者の負担・疲労
- システムのMMIの影響

すべてに個人差

# 産業用ロボットの遠隔制御

## ● 通信不完全性の補償

- 伝送誤り補償（予測・誤り訂正・再送処理）
- メディア間同期
- 各メディアへの資源割当て
- 情報別，双方向独立





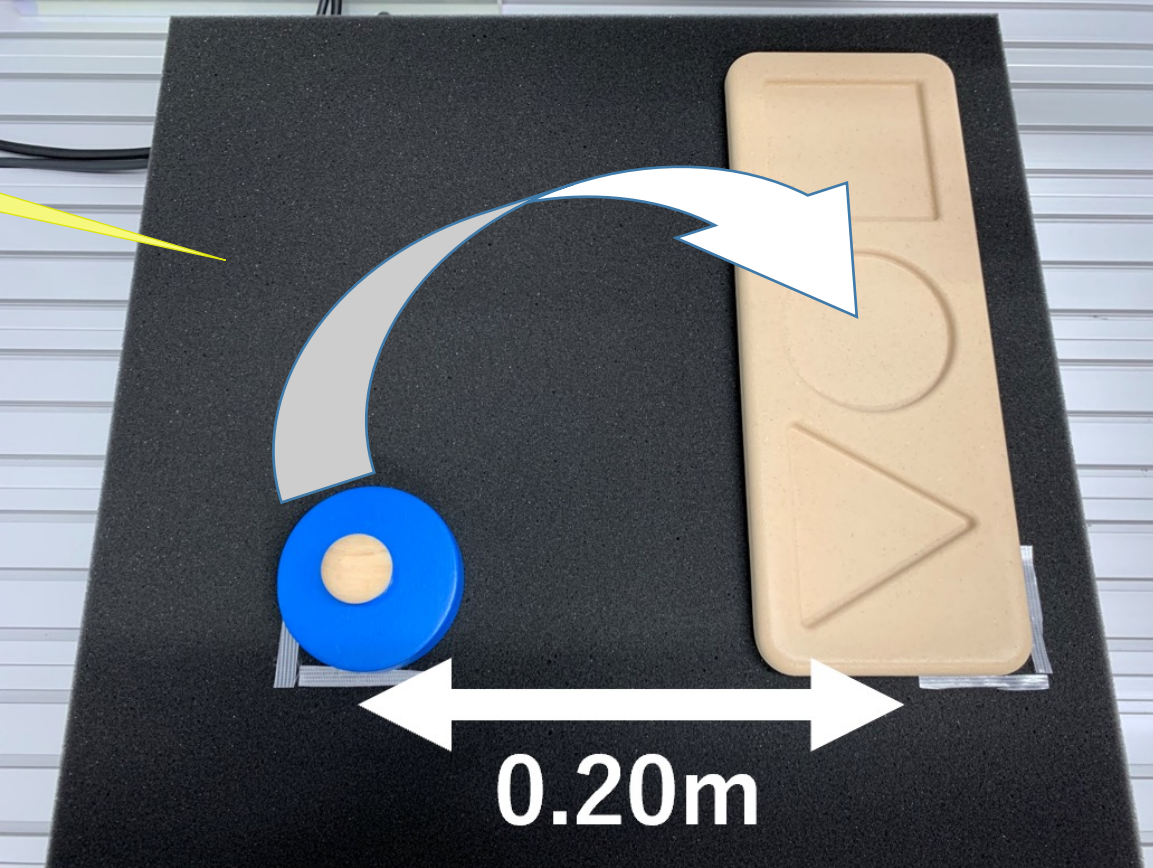
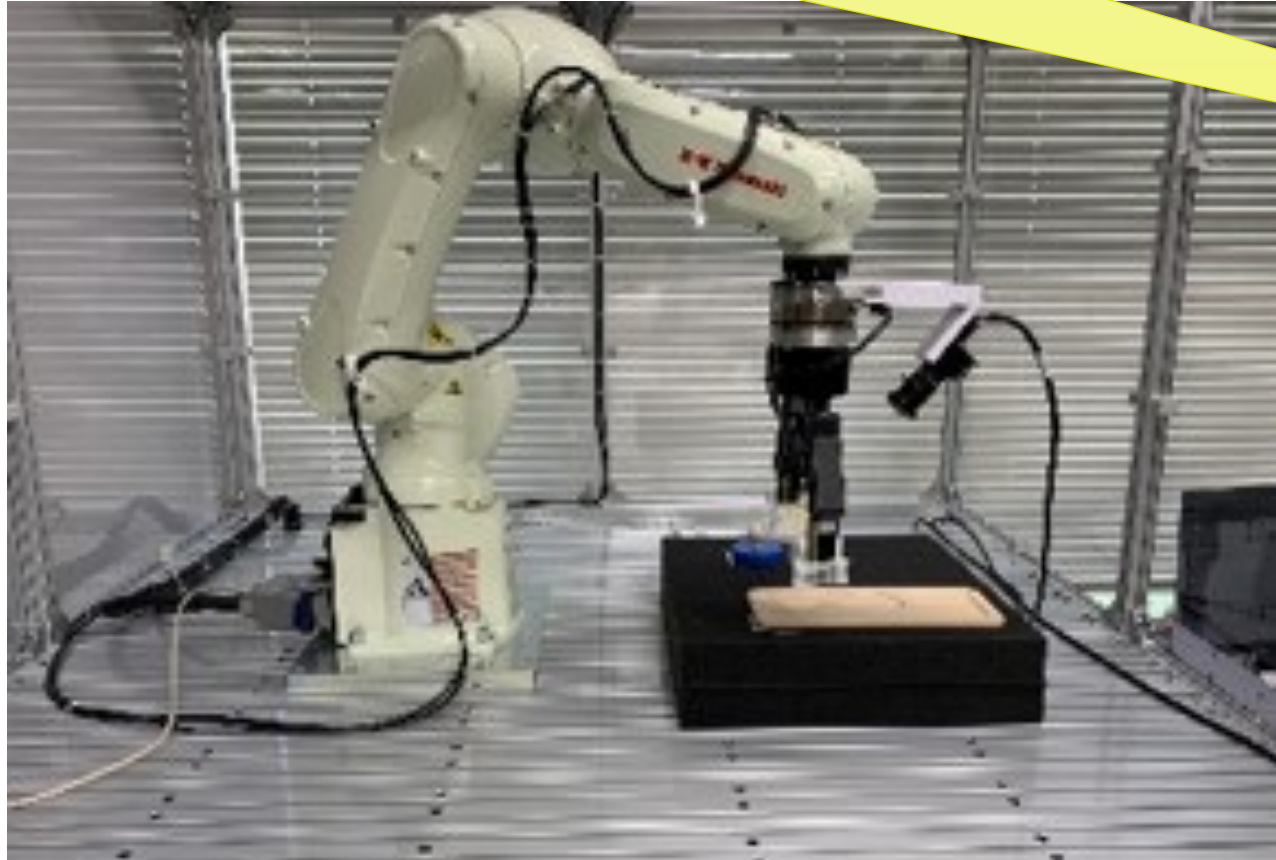
# 伝送損失対策の効果

- 伝搬損失のある場合の作業の品質を評価

- 主観評価：操作者の作業感の評定語による評点
- 客観評価：作業時間

評点	評定語（伝送損失がないときと比べて）
5	劣化が認められない
4	劣化を感じるが気にならない
3	劣化が認められ、わずかに気になる
2	劣化が認められ、気になる
1	劣化が認められ、非常に気になる

嵌め合わせ作業



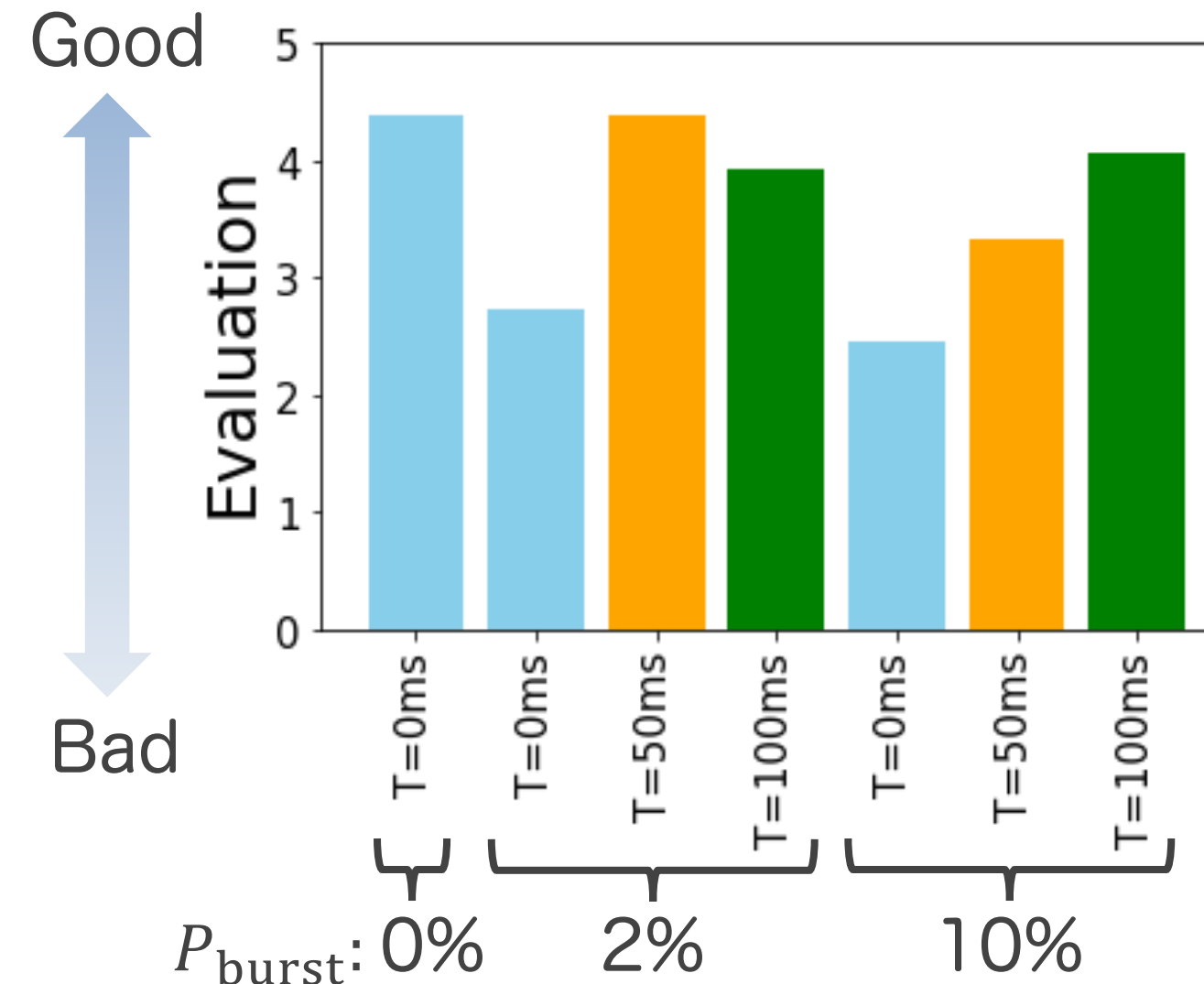
# 主観評価の結果

## ● データ損失対策

- T= 0 対策無し
- T= 50 対策軽, 遅延小
- T=100 対策強, 遅延大

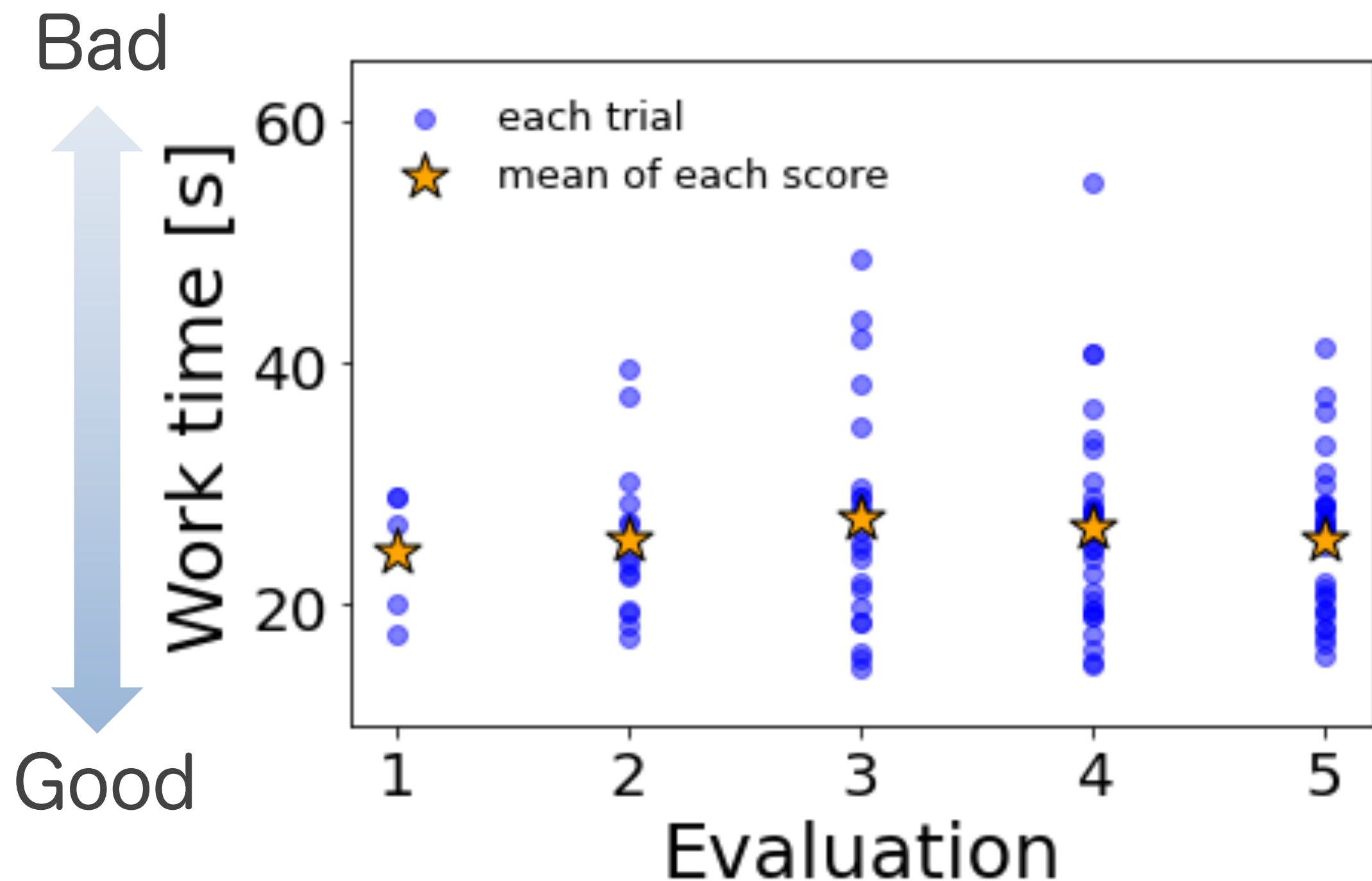
## ● 結論

- 伝送損失が少ないときは遅延の少ない(T=50)が最良
- 伝送損失が多いときは遅延が大きくても損失対策が強い(T=100)が良い



妥当な結論

# 主観評価と客観評価(作業時間)の関係



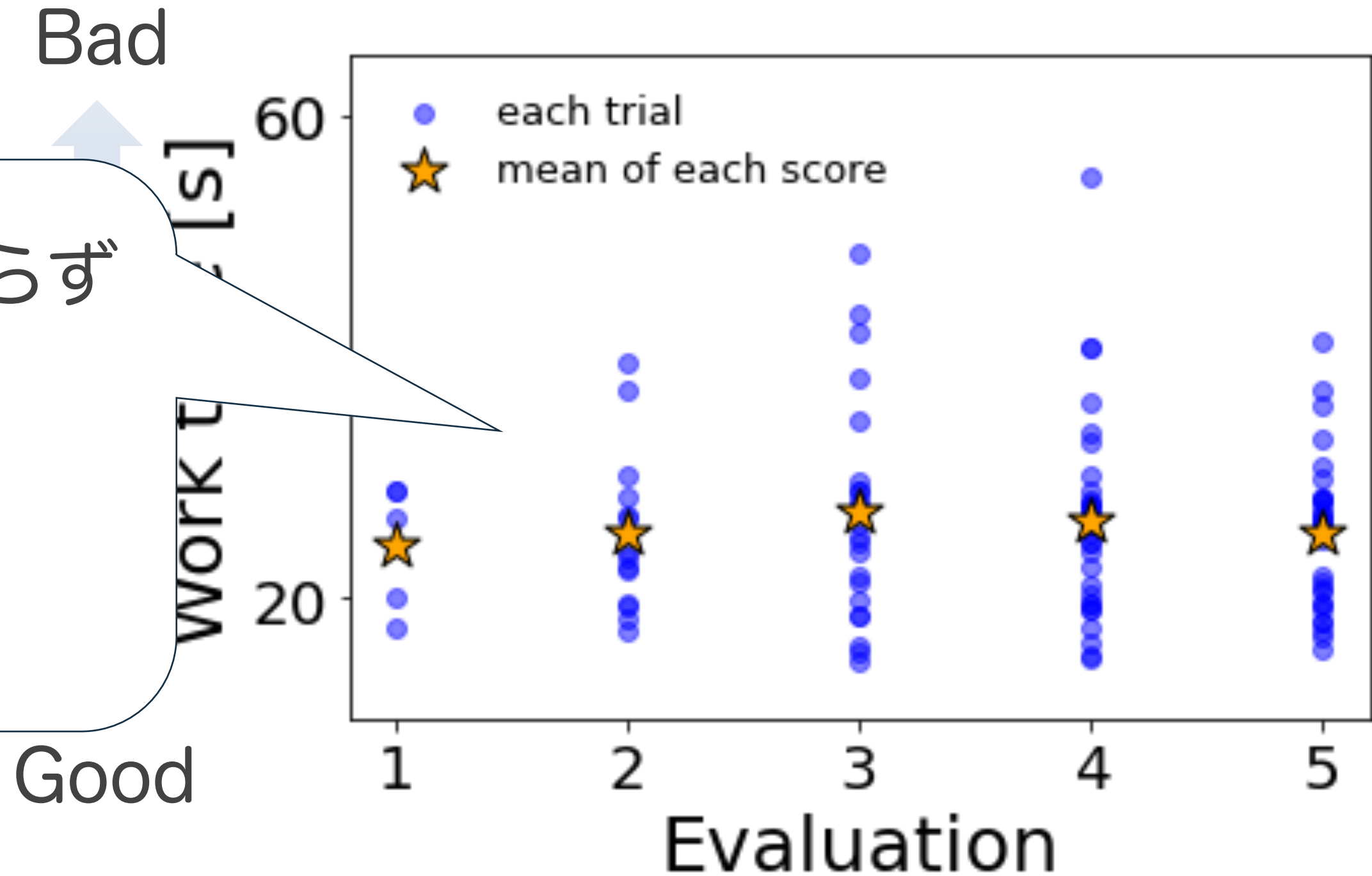
主観評価 vs 客観評価



# 主観評価と客観評価(作業時間)の関係

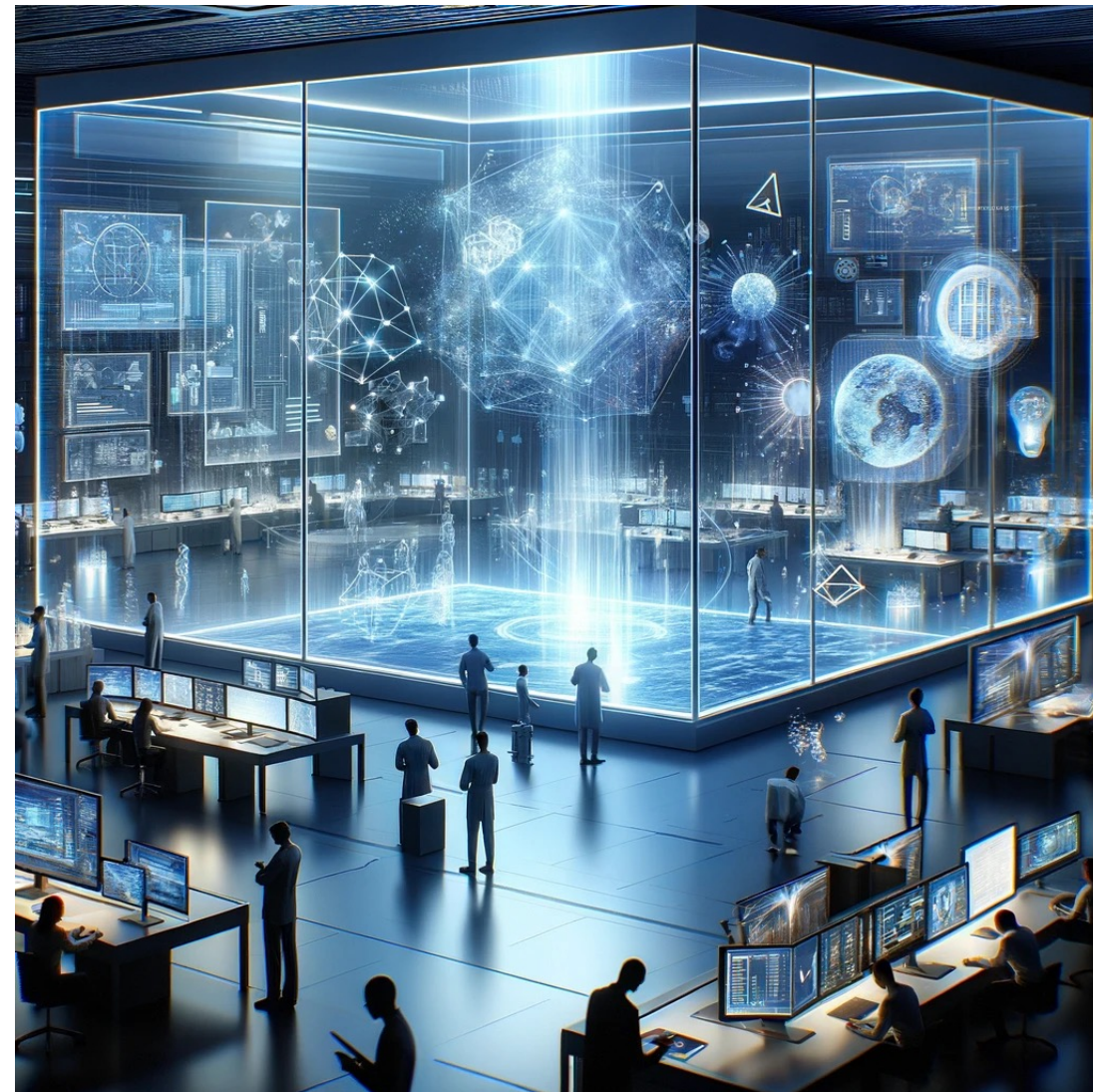
平均作業時間は主観評価によらず  
ほぼ一定

客観評価と主観評価の関係は  
一意では無い



主観評価 vs 客観評価

# 未来にむけて



イラストはOpenAIのDALL·Eによって生成  
(この図は politically incorrect で不本意です！) 62

# これから取り組むべきこと

いままでやってきたことの延長線にもたくさん残っていますが...



# 次世代の課題

---

- 新しい通信方式
  - 従来の変復調は，アナログ時代の技術の外挿.
  - 時間/周波数次元以外の，別の次元での信号表現は？
- 通信環境の認識・適応
  - 環境認識から環境予測
  - 「環境」の多次元化
    - 電波環境・通信状況だけでなく，通信内容や非通信システムの状況にも踏込んで
- 大きなシステムの一部としての無線システム
  - 複数の通信システムが組み込まれたシステム全体の性能向上のための協働・融合
- Human in the System
  - 人を，予測不能な擾乱要素では無くシステムのインテリジェンスの一部と捉える.
  - 人は，「操作者」であり，「制御対象」でもあり，そしてシステムの評価者.
  - 観測にも「制御」にもインテリジェンスが必要
  - 人も制御層同様，予測可能になりつつある。(Human Digital Twin)



今日まで私を見守り，育ててくださった皆様に  
心より感謝申し上げます。



大好きな無線の研究が出来て幸せでした



# 追手門学院大学

- 2024年4月より大阪府茨木市の追手門学院大学 勤務  
理工学部 電気電子工学科 (2025年4月開設予定)

The screenshot shows the Oidai University website with a dark blue header. The header includes the university logo and name on the left, and navigation links for '受験生 | 在学生 | 卒業生 | 保護者 | 企業・報道機関' on the right. A vertical sidebar on the left contains various menu items. The main content area features a large image of a modern building with a triangular facade. Overlaid on this image is the text '2025.04 理工学部 新設' (2025.04 Faculty of Engineering New Establishment). Below this, the new departments are listed: '数理・データサイエンス学科' (Mathematics and Data Science), '機械工学科' (Mechanical Engineering), '電気電子工学科' (Electrical and Electronic Engineering), and '情報工学科' (Information Engineering). A note in parentheses states '(仮称・設置構想中)' (Provisional name, under consideration for establishment) and mentions that the plan is subject to change. The OIDA logo is at the bottom left of the main content area.

追手門学院大学  
追手門学院大学

受験生 | 在学生 | 卒業生 | 保護者 | 企業・報道機関

お問い合わせ

入試情報サイト  
(入試ナビ)

大学紹介

学部・大学院 / 教育内容

キャンパスライフ

国際交流・留学

キャリア・就職

研究・産学官連携

施設

社会連携・社会貢献

資料請求

2025.04  
理工学部  
新設

数理・データサイエンス学科  
機械工学科  
電気電子工学科  
情報工学科

(仮称・設置構想中)  
設置計画は予定であり、内容は変更となる可能性があります。

OIDAI

<https://www.otemon.ac.jp/> 2024.3.16



# 追手門学院大学

- 2024年4月より大阪府茨木市の追手門学院大学 勤務  
理工学部 電気電子工学科 (2025年4月開設予定)

The screenshot shows the Oidai University website with a dark blue header and a navigation menu on the left. The main content area features a large image of a modern building with a triangular facade. Overlaid on the image is the text: '2025.04 理工学部 新設' (2025.04 Faculty of Engineering New Establishment). Below this, the following departments are listed: '数理・データサイエンス学科' (Mathematics and Data Science), '機械工学科' (Mechanical Engineering), '電気電子工学科' (Electrical and Electronic Engineering), and '情報工学科' (Information Engineering). A note in parentheses states '(仮称・設置構想中)' (Provisional Name / Under Consideration for Establishment) and '設置計画は予定であり、内容は変更となる可能性があります。' (The establishment plan is tentative, and the content may change). The OIDA logo is visible at the bottom left of the page.

ひきつづきよろしく  
お願い申し上げます