

信州大学工学部創立70周年記念講演

Society 5.0の技術者像

— マルチメイジャーへの提言 —

令和元年9月27日（金）

於 信州大学国際科学イノベーションセンター

井原 廣 —

経験と経歴

開発設計経験

(株)日立製作所日立工場にて(開発設計者)

- 1959年 データロガー(鉄鋼用, 原子力用)一新日鉄ほか)
- * 62年 自動車組み立て生産指示システム一日産自動車(追浜工場)
- * 63年 トランジスタ特性測定装置一電電(武蔵野通研)
- 63年 制御用計算機(Ge, Si, IC) ハードウェア
- 64年 転炉計算機制御システム一新日鉄(東海製鉄)
- 65年 放送番組制御システム一長崎放送(長崎)
- 66年 HITAC-7250制御用計算機 IOC&磁気ドラム記憶装置
- 66年 鉄鋼計算機制御システム(分塊ミル, ホットミル、コールドミル)

(株)日立製作所おおみか工場にて(主任技師)

- * 70年 新幹線運行管理システム一国鉄COMTRAC(岡山)
- * 71年 札幌市地下鉄運行管理システム
- 73年 新幹線運行管理システム一国鉄COMTRAC(博多)
- 73年 新交通システム一通産CCVS & CACS
- 74年 鉄鋼ヤード計算機制御システム一新日鉄、住金
- 74年 ダム制御システム一建設省
- 75年 衛星画像システム(LANDSAT) 米国TRWとの共同開発

* 技術力なく、退社まで考えたが、なんとか乗り切った担当製品

日立製作所での研究開発経験

- (株)日立製作所システム開発研究所 (主任研究員、主管研究員、部長、副所長)
- 76年 衛星画像地上局システム—NASDA 鳩山
 - 76年 地下鉄運行管理システム—札幌, 仙台, 神戸等
 - 76年 自動車総合管制システム—通産CACCS
 - 76年 複合マイクロコンピュータ
 - 78年 自律分散システム (鉄道, FA等)
 - 80年 LSI歩留向上生産制御システム—日立武蔵工場
 - 80年 医療画像処理システム (CT) —日立メディコ
 - 80年 移動体追跡システム (潜水艦、戦闘機) —海上自衛隊
 - 81年 各種エキスパートシステム (人工知能、知識工学)
 - 82年 IBM産業スパイ事件対応

技術者、経営者として最も充実した時期

- (株)日立製作所宇宙技術推進本部 (主管技師長、技師長)
- 86年 宇宙機用搭載コンピューター—NASDA
 - 88年 宇宙用GPSシステム—ISAS、NASDA
 - 88年 宇宙ステーションJEMマニピュレーター—NASDA
 - 89年 地球環境観測システム—NASDA, ERSDAC
 - 90年 宇宙情報制御システム
 - 93年 米国TRW社との宇宙事業包括契約締結

海外著名人との交際で楽しかった時期

日立製作所外での経験

(株)日立メディコ 技術研究所 (取締役、開発研究所長、技師長)
1993年より X線関連診断システム、
1998年 X線CTシステム
MRIシステム
超音波診断装置
マイクロロン治療システム
医療画像情報システム

最も成果の挙げられなかった人生無残時期

国際医療福祉大学 (放射線情報科学科教授、通信放送機構センター長)
1997年より 知的自律在宅医療システム
2003年 拡張自律分散システム概念提案
通信衛星によるリハビリテーション教育システム
(通信放送機構と中国政府共同開発)

科技庁・航空宇宙開発機構(NASDA)関連 (委員会委員、主査、副委員長)
2000年より 情報社会国家におけるクライシスコントロール
2005年 宇宙開発オープンシステム
知的宇宙開発情報システム
2008年 NPO知的社会研究開発機構創立 (初代理事長)

日立グループとの公的決別と引退準備
教育者、システム技術者、政治家支援の時期

新組織の設立・新技術に接した技術人生

諦観の境地

残るも地獄、さりとして去るも地獄(諸法無我)

上下左右どこかに思いがけなく評価してくれる人がいるもの(縁起)

時間が解決してくれることがある (諸行無常)

日立・山手工場配属(ハードウェア開発設計)	20歳代——修業
大みか工場(システム開発)	30歳代——新規システムリーダー
システム開発研究所(システム研究)	40歳代——新技術開拓
宇宙技術推進本部(新分野事業開発)	50歳代——技術総括
(株)日立メディコ技術研究所(技術研究経営)	50歳代——経営
国際医療福祉大学(教育)	60歳代——知識、経験伝授
通信・放送機構(国家プロジェクト推進)	60歳代——国際協力
引退後(宇宙航空組織のIT化と改革審議)	60歳代——政官学との交流
NPO知的社会研究開発機構(設立理事長)	70歳代——社会組織への提案

交換した名刺の数	日立グループ	4244
	民間	1407
	大学	491
	政官界	432
	外国	860
	計	4415

システム研究所転勤以降
退職まで

(注)有縁だが名刺を交換する必要
がなかった人のほうが因縁は深い

国際活動

海外渡航	回数	85	海外滞在日数	710
	延訪問国	31	延訪問都市数	157

参加学会
IEEE-Computer Society,
Fault Tolerance and Dependable Computing TC
IFIP(International Federation of Information Federation)
WG10.4 (Fault-Tolerant & Dependable Computing)
AIAA(American Institute of Aeronautics and Aerospace)
AAAI(Association for the Advancement of Artificial Intelligence)

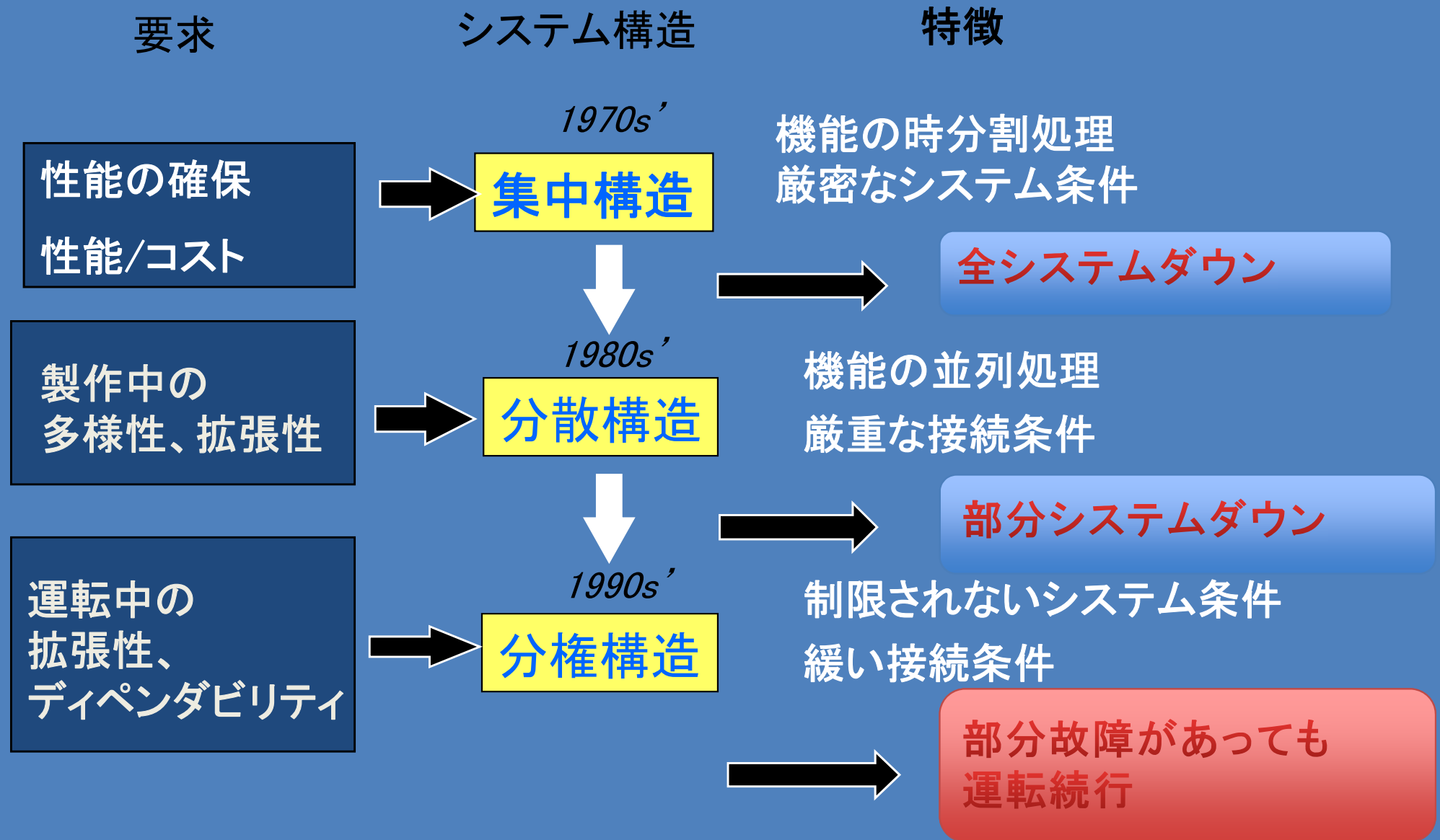
常任委員
IEEE Fault Tolerant Computing Technical Committee
IFIP TC10 (Computer Systems Technology)
WG4 (Member Emeritus, Chartered Member)

称号
IEEE Life Fellow
IFIP WG10.4 member Emeritus, Chartered Member)
AIAA Senior Member

自律分散コンセプトと適用例

鉄道交通管制制御システム

実時間情報・制御システム構造の変遷



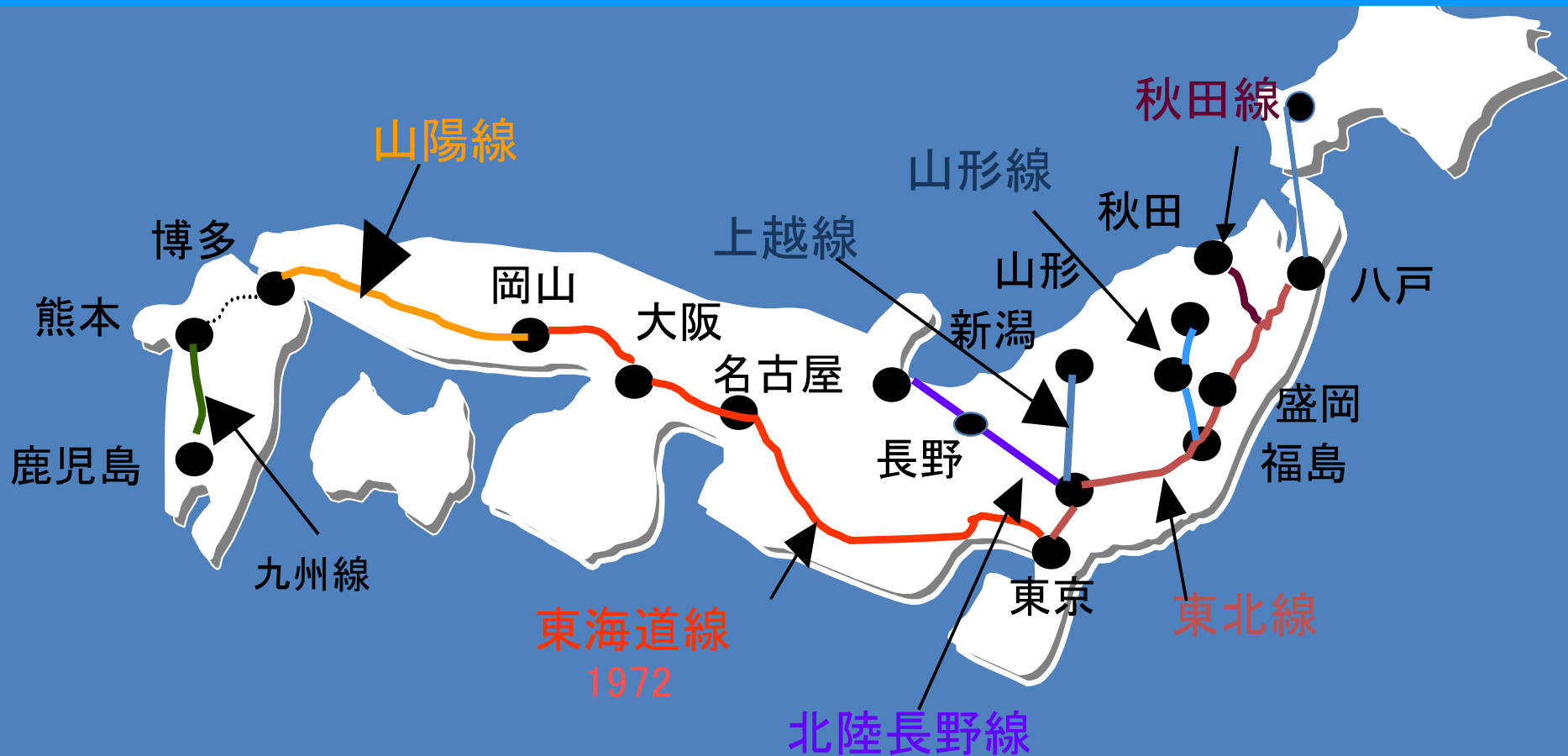
鉄道運行管理システムの開発実用化の歩み

- 69 **COMTRAC受注**(アポロ11号月着陸)
(ニクソンショック)
72. 12 札幌市交地下鉄運行システム完成
72. 3 COMTRAC岡山完成(浅間山荘事件)
- 72 (アポロ17号で終了.(宇宙開発計画縮小))
- 73 (石油ショックで新全総計画 新幹線5000キロ、7000キロ破綻)
(米国宇宙開発を新交通開発へ転換)
通産大プロ—CVS, 自総管プロジェクト開始
75. 3. 10 COMTRAC博多開業
- 77 **自律分散概念研究開始**
78. 10 IEEE Proceedings にCOMTRAC論文(招待)
79. 10 IFIP Londonにて自律分散発表
- 81 神戸市交自律分散運行管理システム完成
- 82 COMTRAC東北およびCOMTRAC上越開業(JNR民営化)
仙台市交地下鉄 ファジィ運転
82. 6 IBM産業スパイ事件勃発
84. 8 IEEE Computer に自律分散論文(招待)
95. 11 COSMOS東北、上越 自律分散方式でリプレイス
- 99 首都圏ATOS運行開始
25. 6 **2015 IEEE-ISI Award受賞**

現在の全国新幹線網とCOMTRAC/COSMOS網

営業運転中での段階的範囲拡大、機能拡張、能力拡大

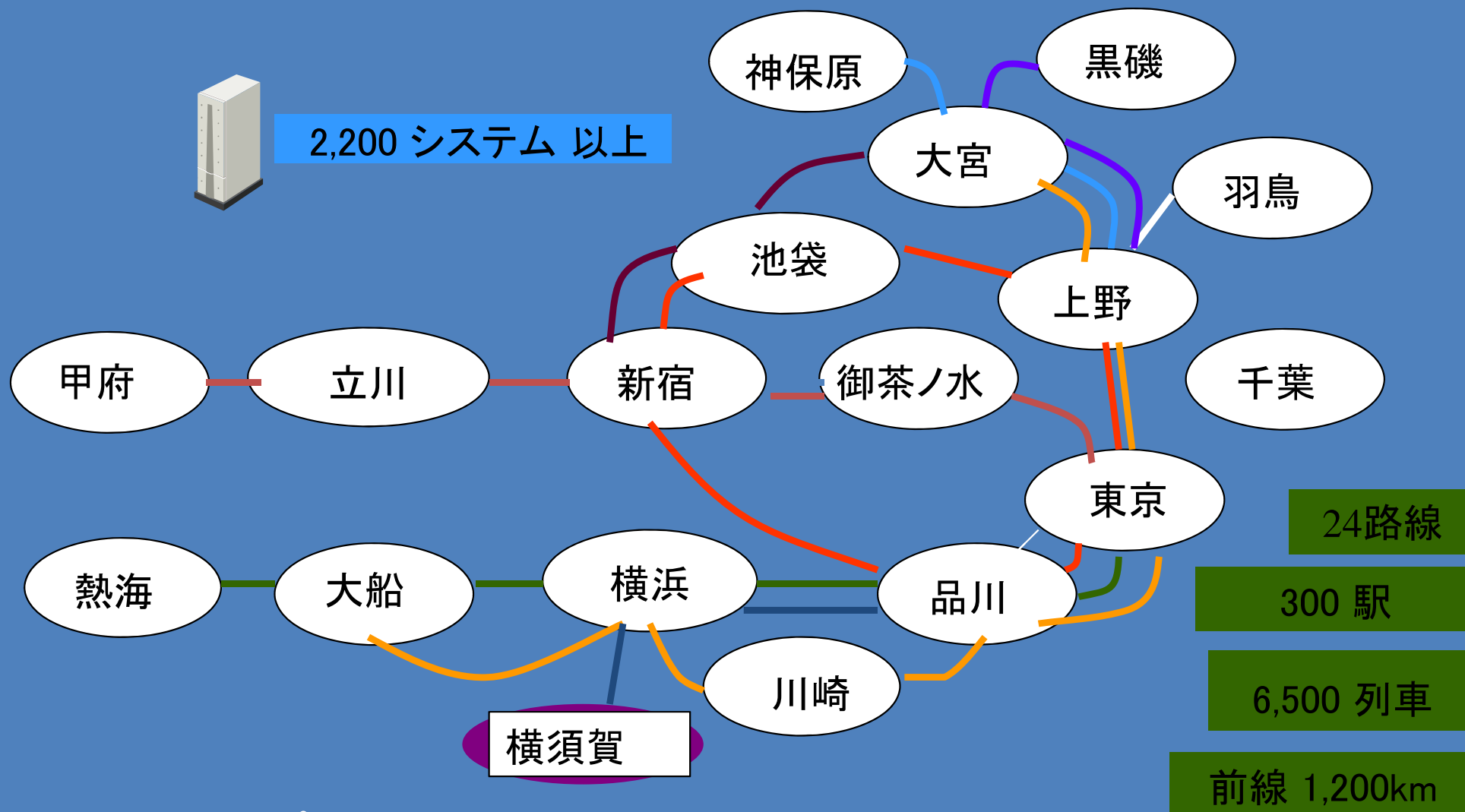
1964年 新幹線運行開始 無事故
1972年 COMTRAC運用開始 稼働率 99.9999...



首都圏広域鉄道交通網に適用

Autonomous Operation Control System (ATOS)

1996年以降 首都圏JR都市間鉄道網へ営業運転中に線区ごとに稼動



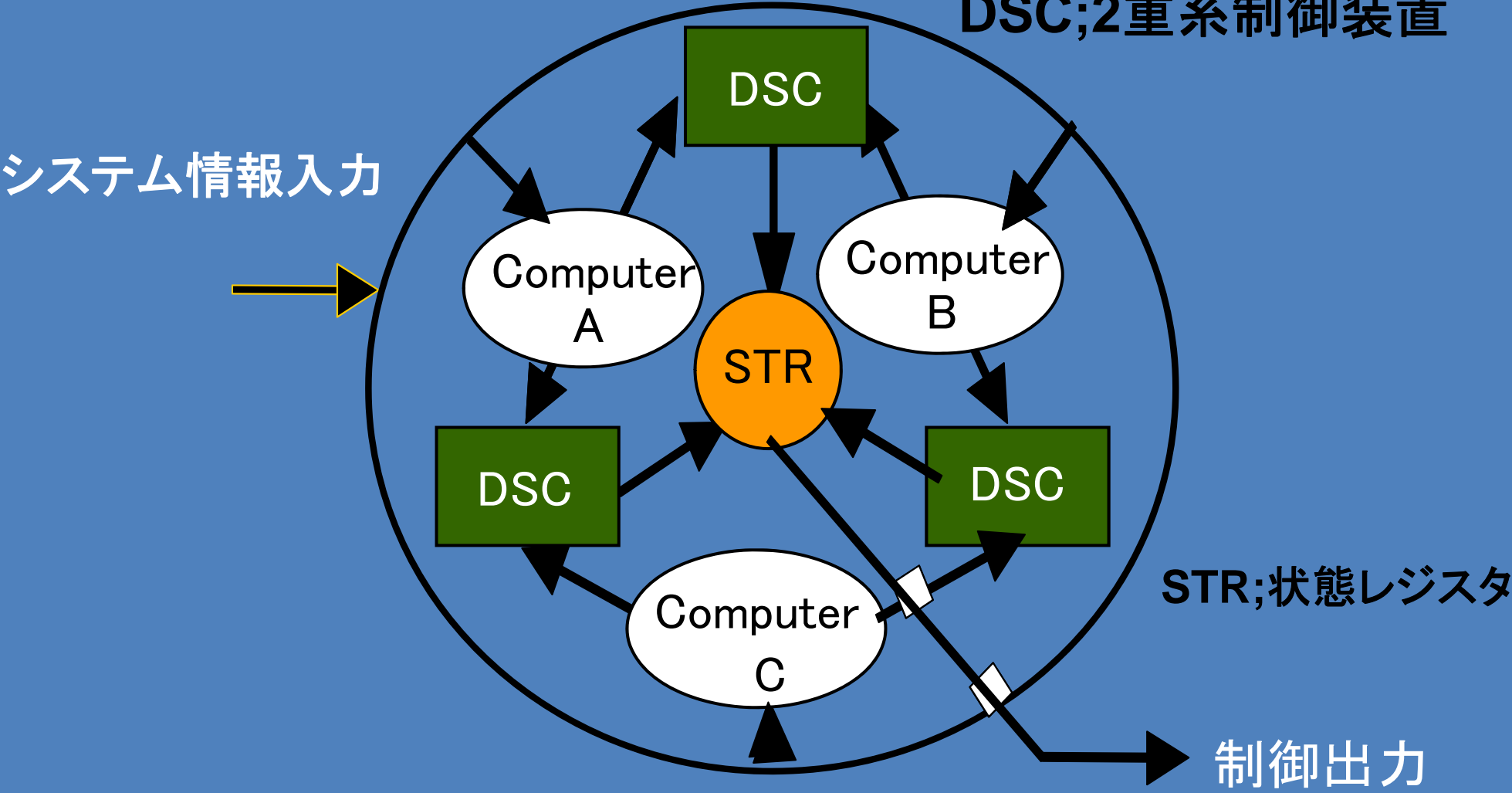
自律分散コンセプトが実績を示した10年後に営業運転に入る
建設・営業移行の安全性 (Assurance性) の確保

自律分散コンセプトとは

高信頼集中型システム例 (COMTRAC)

Dual-Duplex system structure

DSC; 2重系制御装置



自律分散システムの歩み

- 1970年より75年 国家プロジェクト新交通システム(CCVS,CACS)の実験
- 78年より80年 分子生物学の知見をマイコンか構想と実験
- 80年以降 地下鉄、鉄鋼、ゴムタイヤ製造などのFAへの適用
- 85年 計測自動制御学会で自律分散システムSIG発足
- 85年以降 国内外学会での成果発表と国際標準化活動、各種技術賞
鉄鋼、計測、ビル管理など社内製品への適用拡大
- 90年 文部省重点領域研究発足(4年間114名参加)
- 93年 International symposium of Autonomous Decentralization
System(IEEE-ISADS)設立
- 95年 集中型COMTRACから分散型COSMOSへ、情報事業への展開
JR-東の首都圏運輸システム(ATOS)の建設着手
- 2000年 台湾高速鉄道の受注および、計算機制御システムのADS化
- 10年 社会革新事業(共創事業)にADSの概念の反映
- 2015年 米国電気電子学会より社会革新技術賞受賞(IEEE-ISI)

分散と分権、自律と自立の意味

自律分散—autonomous distribution

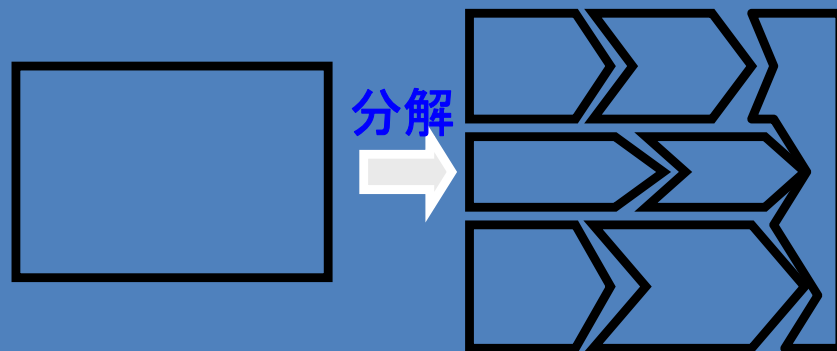
自律分権—autonomous decentralization

自律 autonomous

自立 stand-alone, independent

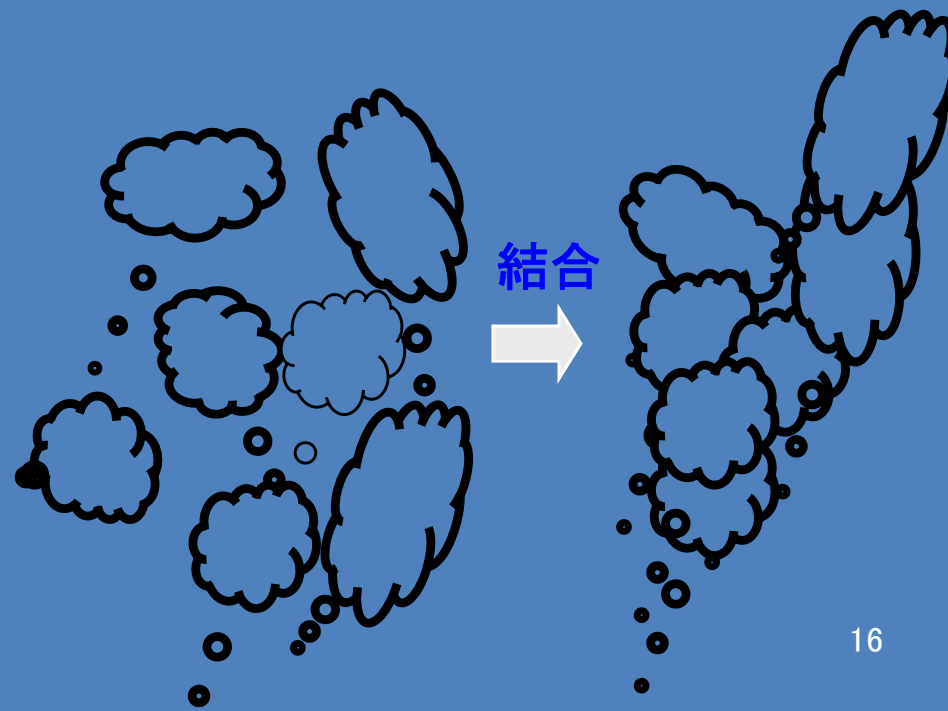
分散

distributed
distributive



分権

decentralized



分散コンセプトから自律分散コンセプトへのシフト

大規模な情報制御システムへの条件と要求

- (a) 常に不稼働部分を含む
(一時故障、永久故障)
- (b) 稼働条件と状態は常時変化する
(稼働中の改良・拡張・置換)
- (c) システム目的は代替、最適化、適応化により常に変更する
(システム要求の変化。環境の変化)
- (d) システム目的をほぼ達成し続ける
(Fault-tolerance、寛容性)
- (e) 複雑系への対応
(Dependability, Resilience, 共創体制)

生物から導けるシステムとしての特徴

ジャック・モノーによる生物の認識

合目的性(自然淘汰、適者生存)

自律的形態発生(成長と変態)

不変性(恒常性)

生物の特性

自己組織化

動的平衡



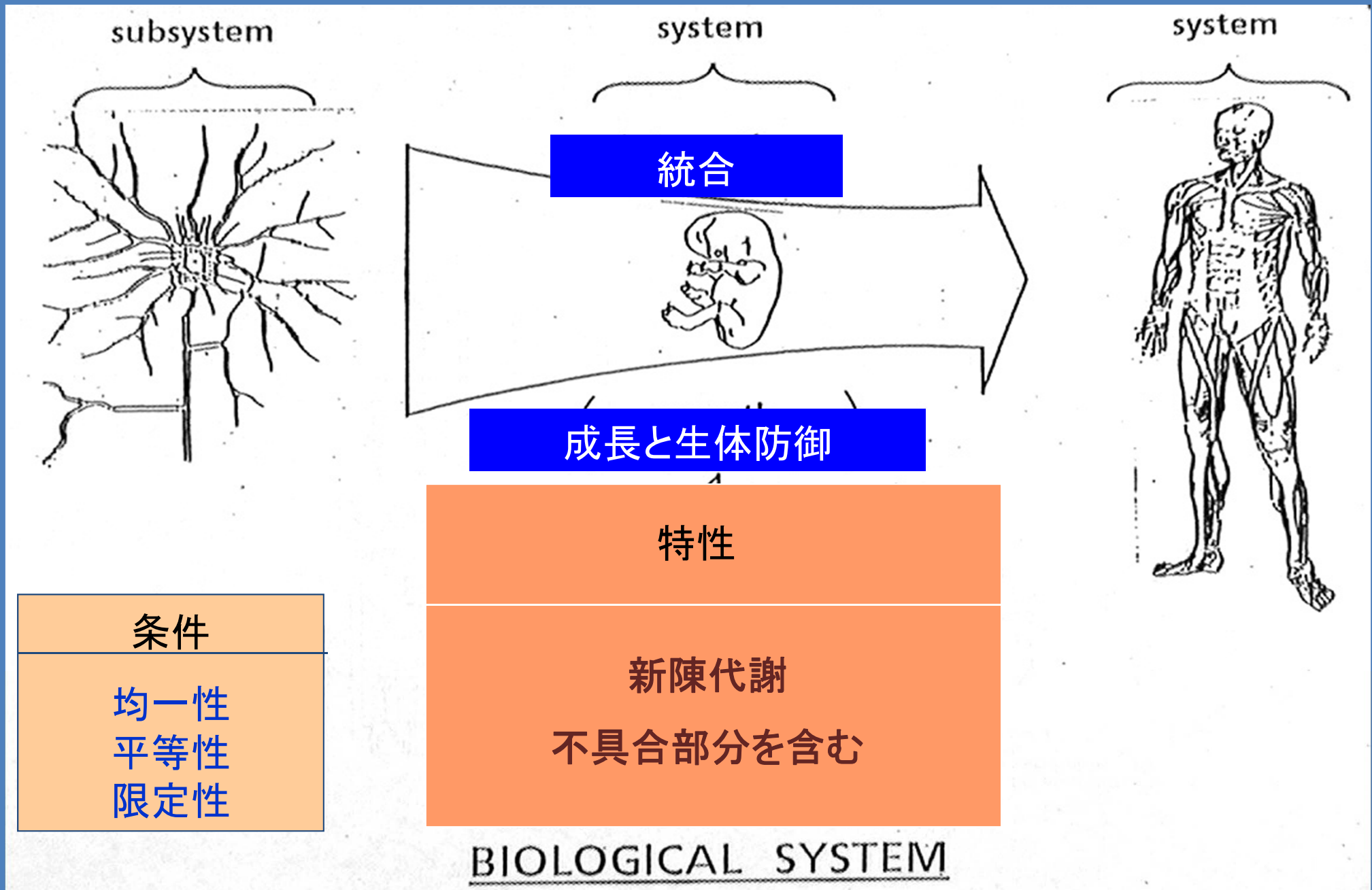
工学システムに反映

(1) 自律性を持ったサブシステム間の協調によってほぼ完全にその目的を達成

(2) 常時稼動現状維持のための再生、成長する

(3) 環境変化に対応すべく常に不稼動部分を内蔵

Dependableな生物の構造



生物システムからのセントラル・ドグマ

- (1) 常に不稼動部分——余裕、代替
一時的な障害の存在、
補完予備的存在)を含む
- (2) 状態は常に変化し——恒常性
新陳代謝(余裕、代替)
成長(負の成長—老化)過程にある
- (3) 経時的、環境的影響により目的が変化(進化)
継続してほぼ達成(種の保存)

生物と情報システムの対比

	分子生物学	情報工学	
構成要素	DNA——遺伝子 複製——同一の遺伝子 細胞の結合——面、網	プログラム——ROM LSI——マイコン・メモリ ネットワーク——電気、光	均質性
生存	リセプター——抗原反応 ホメオスタシス——免疫	ファイアウォール ——暗号・パスワード 対ウイルス——ワクチンP	局所性
種の保存	利己的遺伝子 ——優勢種への交代	リプレイス——機種交換 バージョン管理 ——プログラム改造	平等性

自律分散概念によるシステムの基本的性質

サブシステムの特長

ほぼ同じ機能を持つサブシステムが群を作る

均一な構造

構成要素は同質な形態や機能を持つ

平等な権限

構成要素の機能間に優劣の区別なく、平等な処理を行う

周辺情報の利用

構成要素は近傍との結合により、近傍の情報により、必要な処理を行う

自律分散システムへのパラダイムシフト

マイコン技術出現以前

他のサブシステムが
すべて稼動のとき

可制御性

自己の担当領域の
制御が行える

可協調性

自己の目的の達成に
他と固定的に協調

1980年



パラ
ダイム
シフト

マイコン技術出現以降

他のサブシステムが
不稼動でも

自律可制御性

自己の担当領域の制御が
自律的に行える

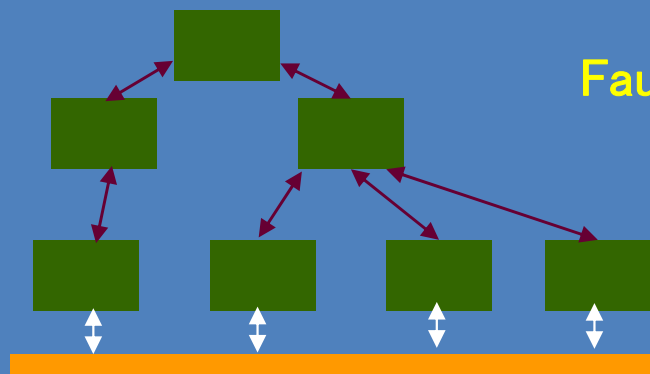
自律可協調性

自己の目的の達成に他
と柔軟・自律的に協調

自律分散システムの新規性

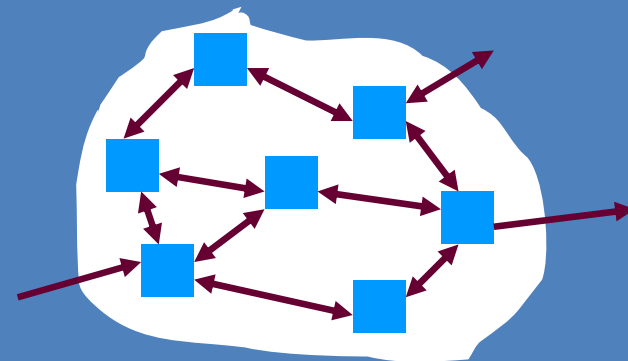
自律制御性

階層分散



Fault tolerance

自律分散

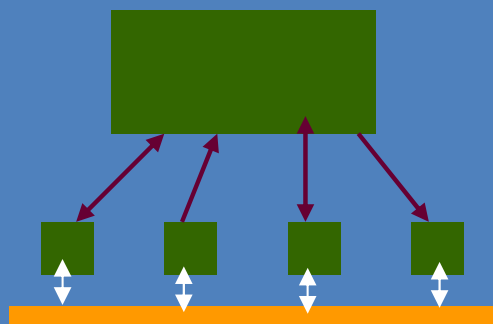


コスト性能

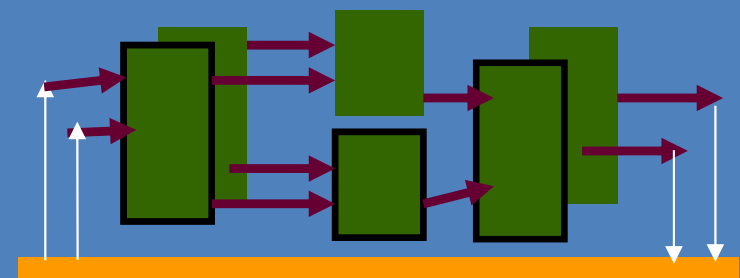
協調性

システム性能

自律協調性



Fault avoidance



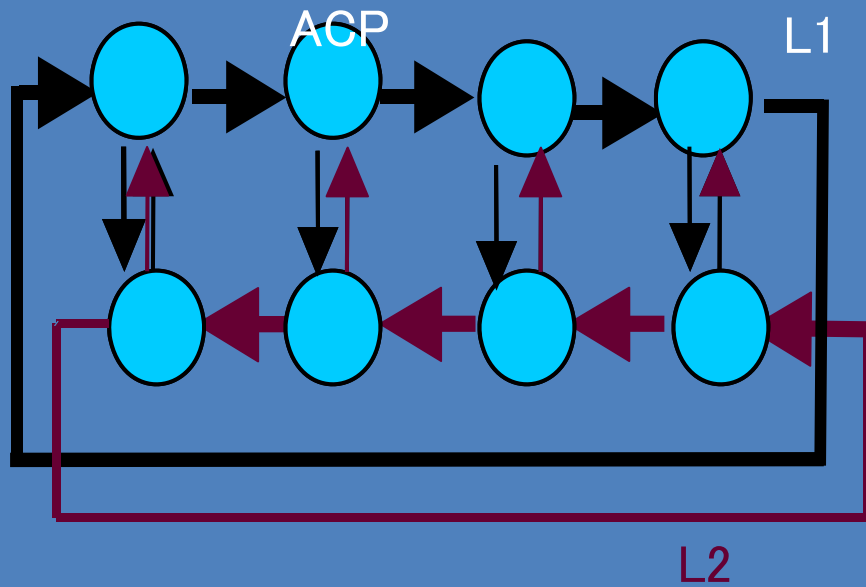
集中

制御性

機能分散

ADSのサブシステム結合方式

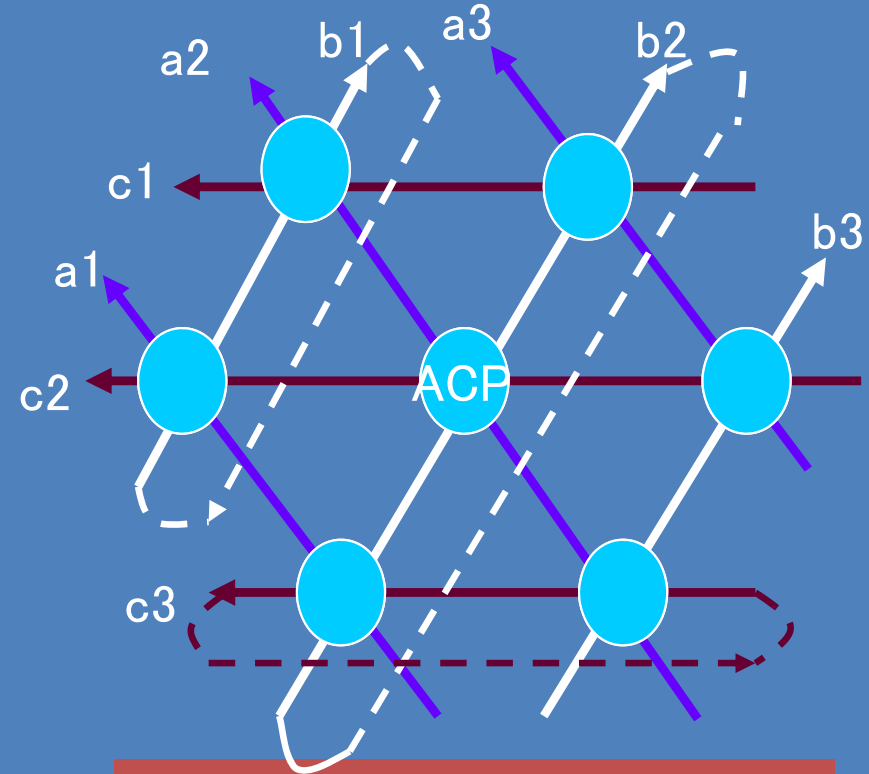
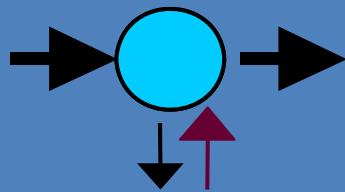
シェイク・ハンド伝送 ⇒ デイディチエンによる放送方式伝送 — インターネット



神経系の模擬

2系統入出力

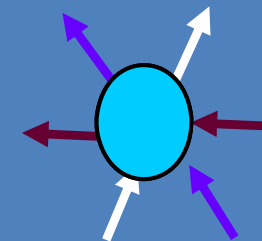
ACP



頭脳の模擬

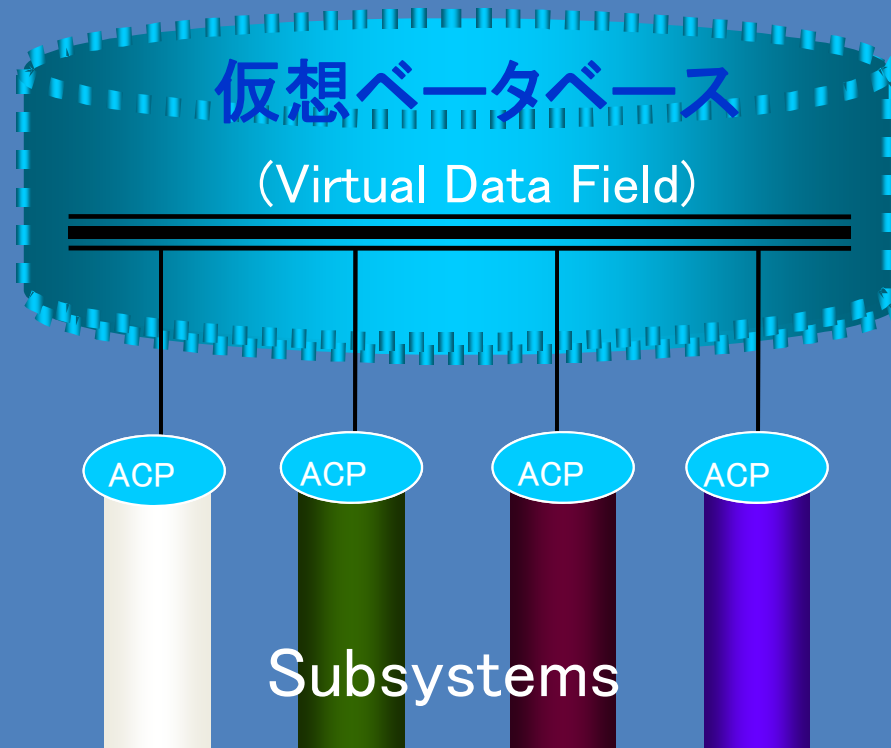
3系統入出力

ACP



ブロードキャスト伝送による仮想データフィールド

ビッグデータとクラウド



ブロードキャスト伝送

情報内容は内容コードにより受信時Acpで判断

Autonomous control processor (ACP)

Flag	Content Code	Sender ID	Control Code	Data/Command	RC	Flag
------	--------------	-----------	--------------	--------------	----	------

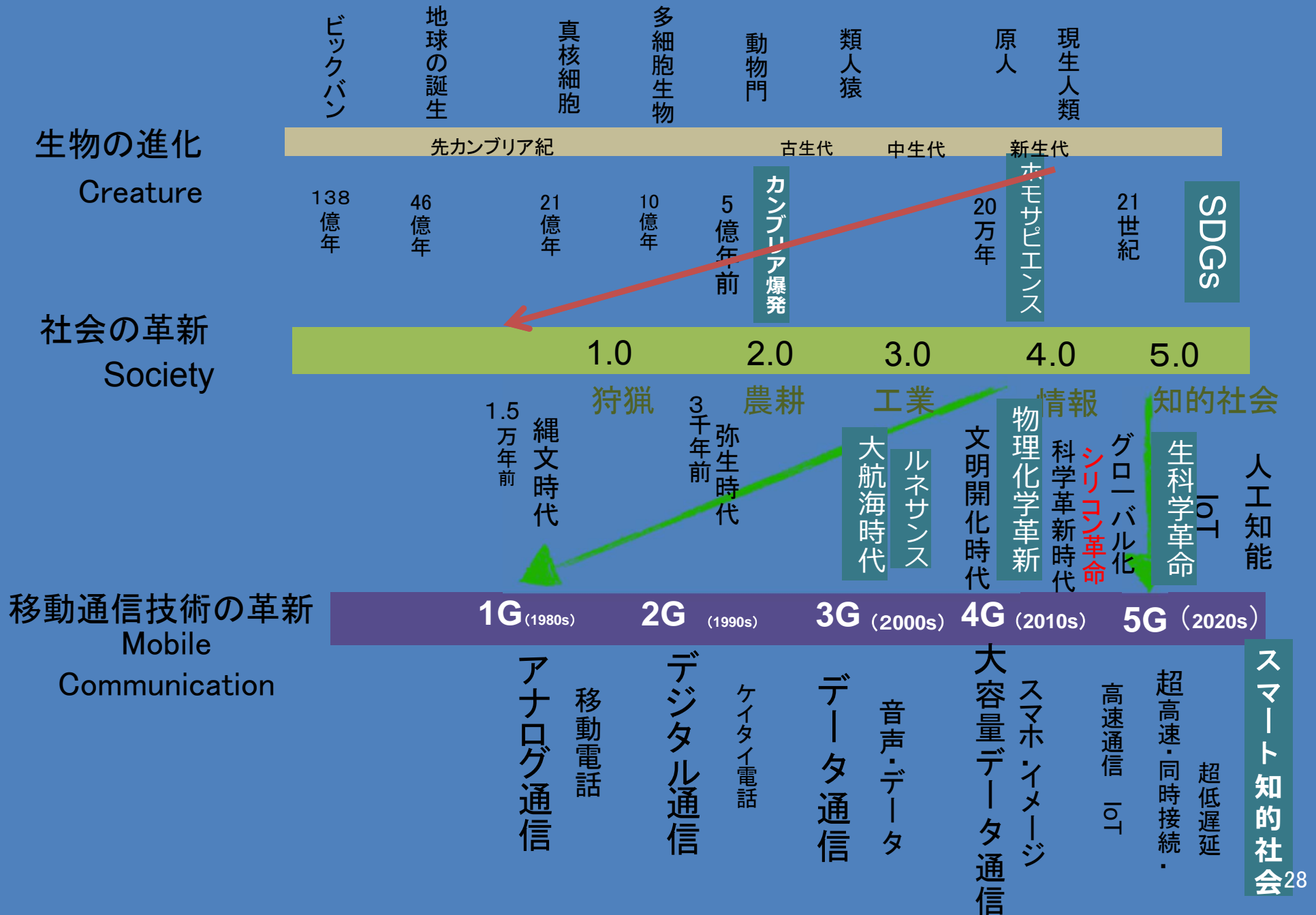
ブロードキャストデータの構成

仮想データベース概念はData Chain方式の萌芽概念？

Society 5.0への対応と期待

IoT と AI

ホモ・サピエンスによる持続可能社会への努力 SDGs



Society 5.0はカンブリア爆発に匹敵する？

多細胞生物の出現

生物の巨大化、複雑化

多機能細胞



Paradigm shift

5
億
年
前

カンブリア爆発

ダービン説の否定？

視覚による環境認識

甲殻による防衛

移動による捕食活動

現存のすべての門
の出現(動物門の
発生)

高集積技術の出現

Society 4.0

情報処理・通信技術

多元信号処理技術

ビックデータ・マイニング

ディープ・ラーニング

多様な価値観

共生と共創

自律分散

(chain block)



Paradigm shift

21
世
紀

Society 5.0

知的活動の無機化(量子演算機)

知恵の創造

AIのパラノイア

日本の文化(ジャポニズム)

地球環境の激変

SDGsによる持続可能社会

Singularity(技術的特異点)

中核基礎技術変遷例

中心技術の変化に対応できるか

産業の中心技術の変遷が産業界の栄枯盛衰を引き起こす
(技術パラダイムの予測と対応技術体制の確立)

半導体産業の中心技術

物理—機械—電気—精密—論理—材料

メカトロ産業の中心技術(時計、自動車、工作機)

重力—蒸気—油圧—電気—電子—材料

映像産業の中心技術(カメラ、映写機 表示器)

光学—化学—精密—電子—材料

挑戦と発想の転換

社会ニーズの波に乗れるか

新しいコンセプトの提案

テーマ	動機	新パラダイム	結果
自動車組み立て	FA分野参入	注文車種多様対応	FA分野事業確立
新幹線運行管理	計算機制御分野参入	運行列車数増大 全国新幹線網	継続独占受注 海外生産
地下鉄運行制御	鉄道信号分野への参入	自動地下鉄運行制御	製品拡大
自律分散システム	石井教授との会話	分子生物学と複合マイコンの結合	製品の基本 市場の独占
人工知能	社内問題解決 半導体の歩留まり	ノウハウの情報化 知識工学	旧製品の活性化 製造の効率、信頼化
ファジィ制御	部内研究者の興味	熟練技能による自動制御	旧製品の活性化 熟練能力の自動化
高信頼 コンピューター	宇宙事業への参入	超小型高信頼宇宙コンピュータと汎用半導体チップ	宇宙分野へのインパクト はやぶさのりゅうぐう

複雑系の特徴を表す分野

開放性

1. エネルギー保存法則外-----宇宙観、経済活動、政治、開放系
2. 科学的思考の範囲外-----空、無、多元宇宙論、ダークマター&エネルギー

非直線性

3. 収穫逓増、収穫逓減の法則-----社会現象、ビックバン、Mooreの法則
4. 入れ子構造をとりうる-----階層構造、量子力学、深層心理、フラクタル
5. 非線形問題-----多変数偏微分問題
6. バタフライ効果、相転換-----ヒックスの場、ひらめき
7. 多次元世界-----科学的概念(還元法と重畳法)の限界

自己組織性

8. 多様な動的ネットワークを構成-----自律分散通信網、ブロックチェーン
9. 自由な結合分離-----変数の変化、増加と消滅
10. 創発現象の発現-----パラダイムシフト、状態の遷移
11. 記録を保持しうる-----因果関係、分子生物論、データチェーン

世界観の拡大と融合

科学的世界観

要素還元主義

二元論

divide & rule

物理・化学

宇宙学

常微分的表現

複雑系世界観

関係主義

素粒子論

holon

細胞学

多次元宇宙

脳科学

非線形理工学系・多変数偏微分表現
多次元

経済・社会学

華嚴世界観

華嚴思想

重々無尽の縁起

蓮華蔵世界

セントラルドグマの継承と拡張

1979年———分子生物学の生命現象とマイコン

日立グループ環境

自律分散概念——自律分散システム

(Autonomous Decentralization Concept)

可制御性、可協調性の2軸、Fault Tolerance, Dependability

自律分散ループ伝送ADL データフィールドDF

交通システム、生産システム

2000年——— 拡張自律分散システム(EADS)

国際医療福祉大学環境

自律可観測性の追加で3軸 スマートセンサーシステム(人工知能)

在宅医療システム(仮想現実環境と人工知能)

2015年———華嚴哲学の三千大千世界とIoT

NPO環境

蓮華蔵世界観——重重帝網と融通無礙、

事事無礙概念—(華嚴)自律分散システム(Epi-ADC/ADS)

自律可制御性、自律可協調性、自律可観測性の3軸に時間空間

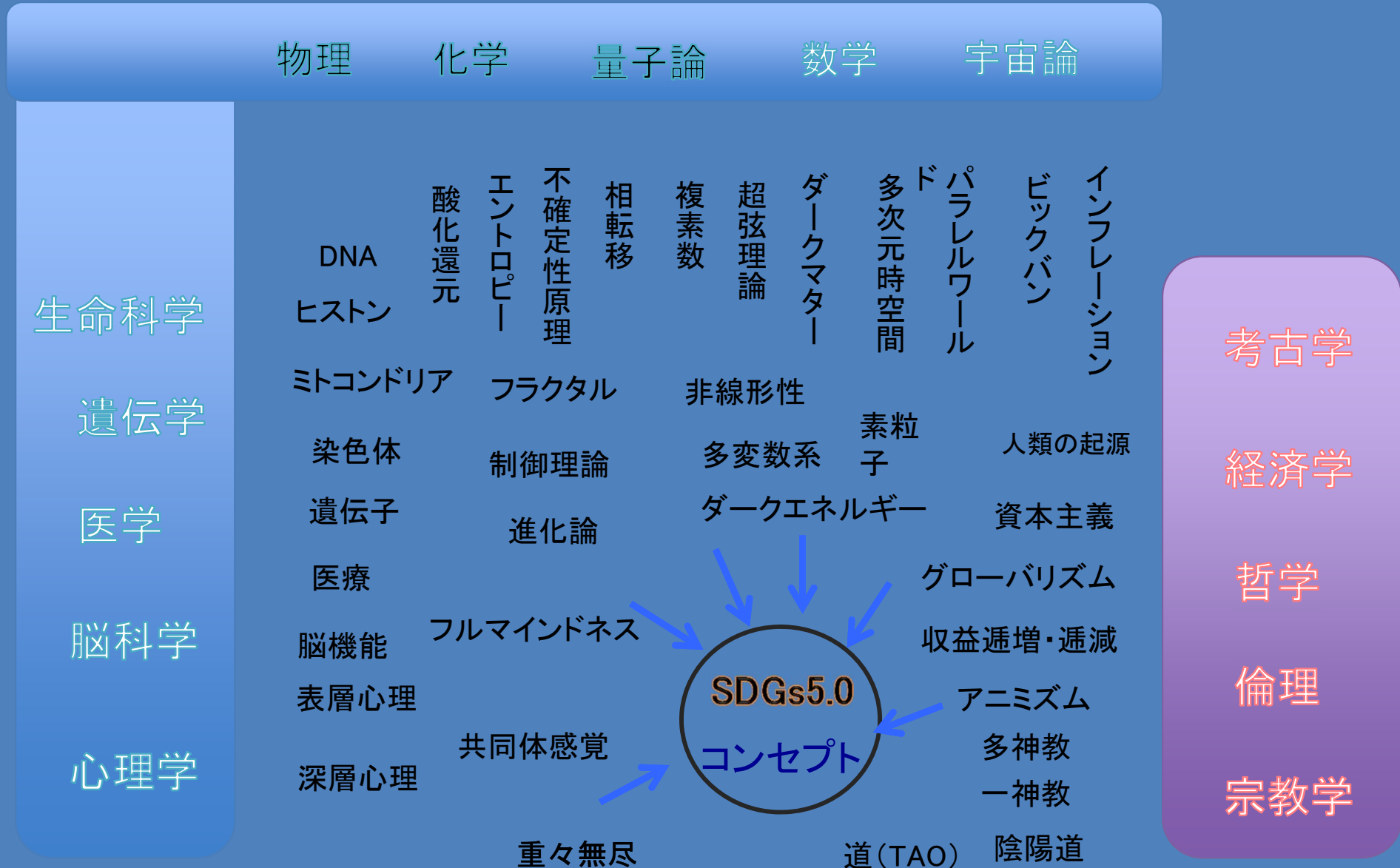
Epigeneticの導入(resilience)

計画社会システム→スマート社会システム(協創社会)

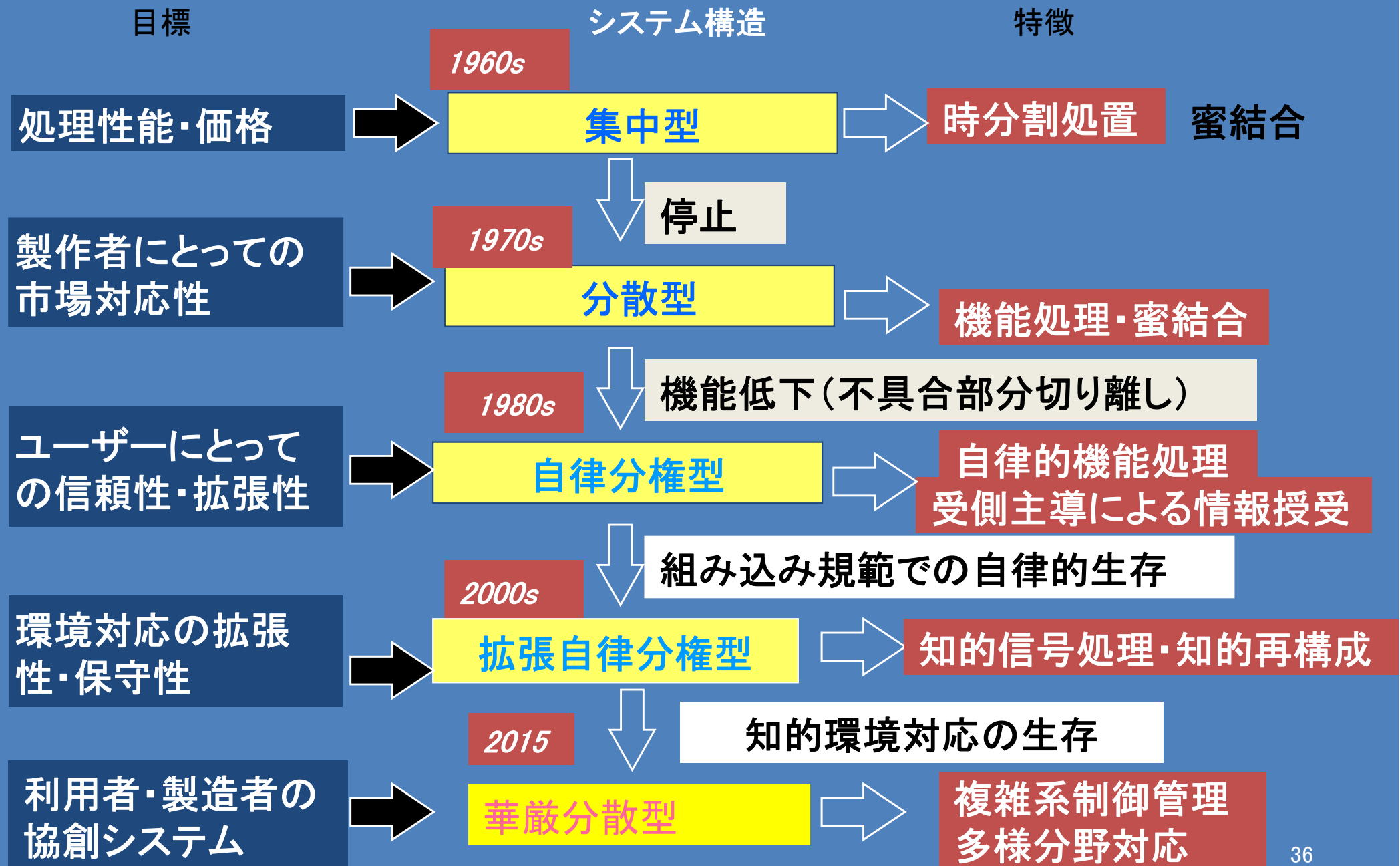
→ 可塑性社会システム(Resilient societal system)

科学領域と反映・融合した思考（因陀羅網的關係）

科学系（還元論）指向から複雑系（仏教哲学）指向に転換



情報システムの構造変化への対応



セントラルドグマの拡張

1979年———分子生物学の生命現象とマイコン(ADS)

自律分散概念——自律分散システム

(Autonomous Decentralization Concept)

可制御性、可協調性の2軸 Fault Tolerance, Dependability

自律分散ループ伝送ADL データフィールドDF

交通システム、生産システム

2000年——— 拡張自律分散システム(EADS)

可観測性追加で3軸化

知的処理と移動環境拡大

スマートセンサーシステム(人工知能)、想現実環境 (在宅医療システム)

2015年———華嚴哲学の 三千大千世界とIoT

蓮華蔵世界観——重重帝網と融通無礙、

事事無礙概念——(華嚴)自律分散システム(Epi-ADC/ADS)

自律可制御性、自律可強調性、自律可観測性の3軸に時間空間

Epi-geneticの導入(Resilienceの実現)

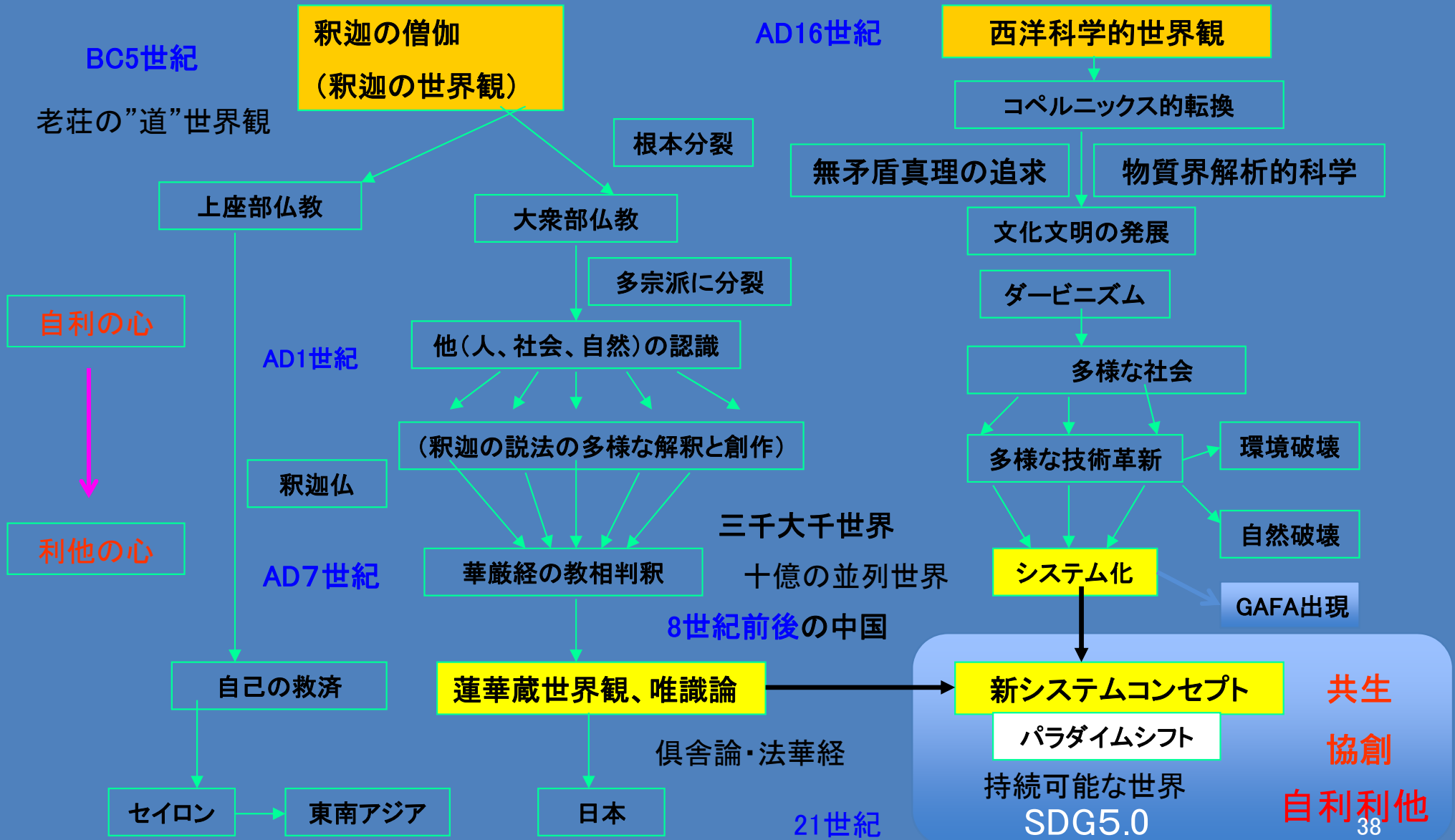
Society5.0社会システム(協創社会)

→ 可塑性社会システム(Resilient societal system)

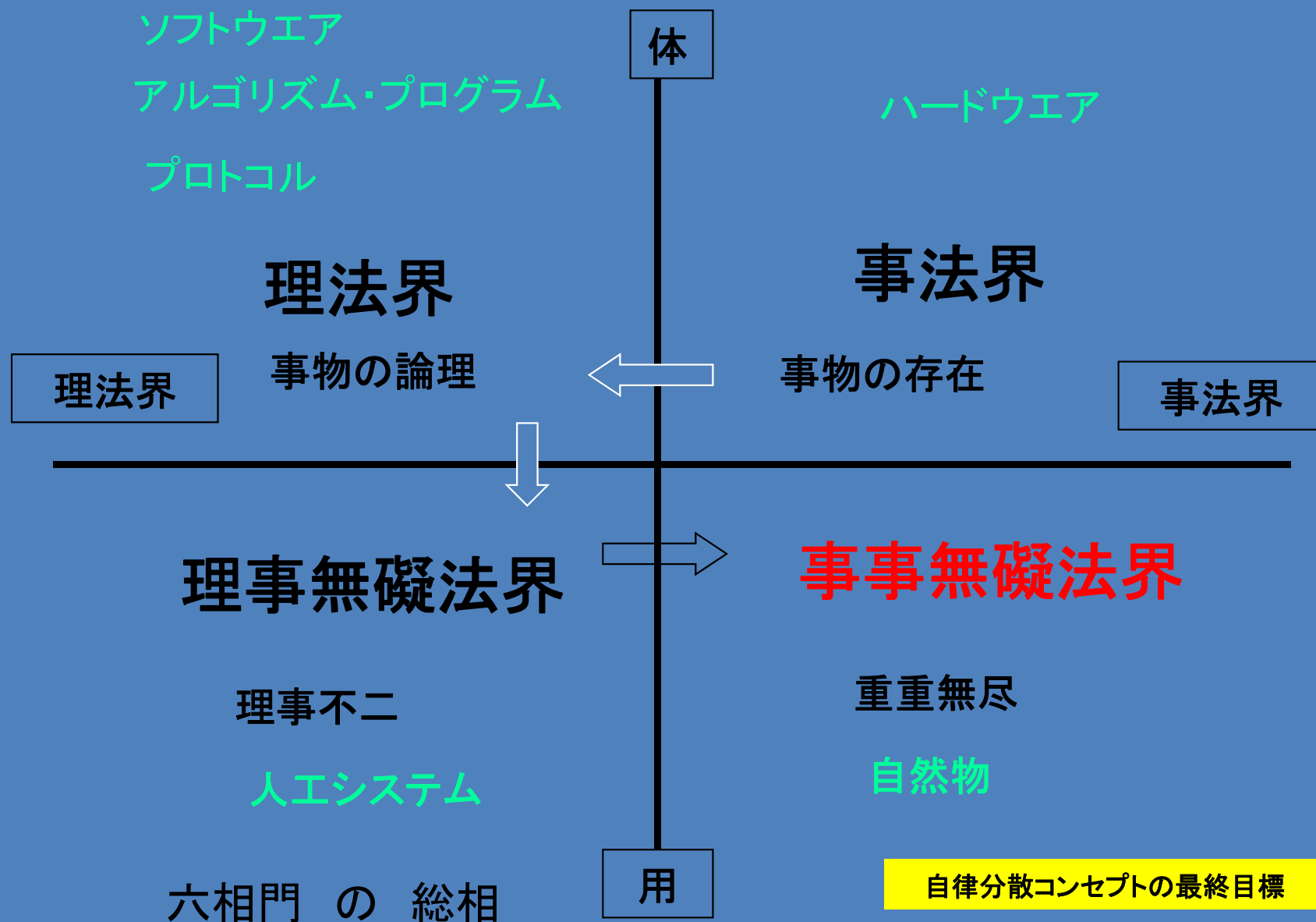
仏教世界観とシステム世界観

仏教經典の世界観

システマ的世界観



唯識論における存在の認識



唯識論における五蘊による周囲環境の認識

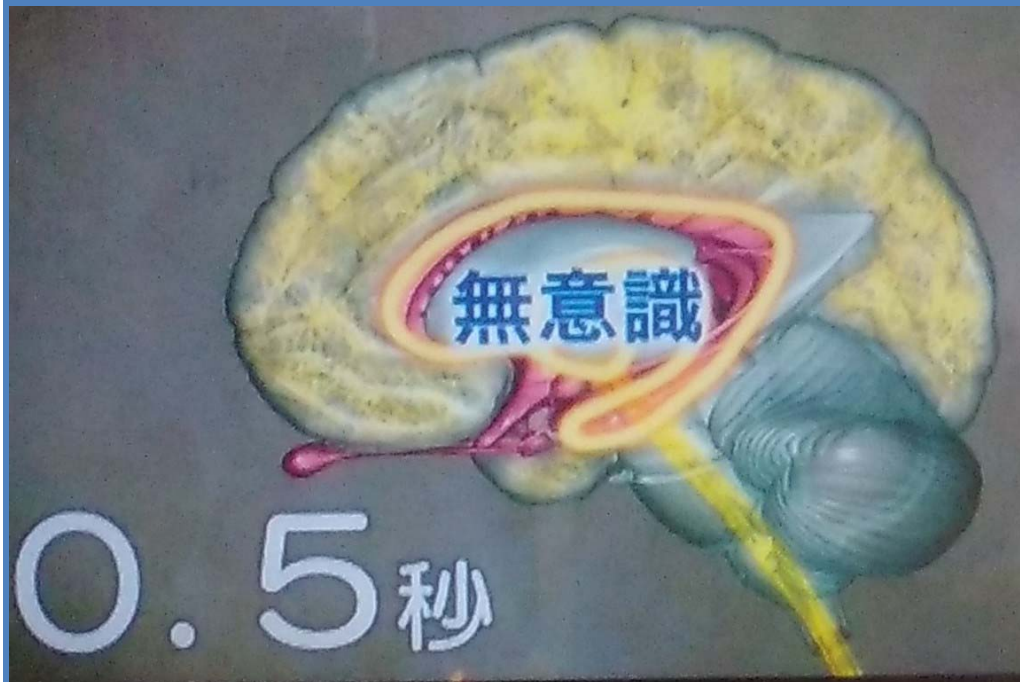
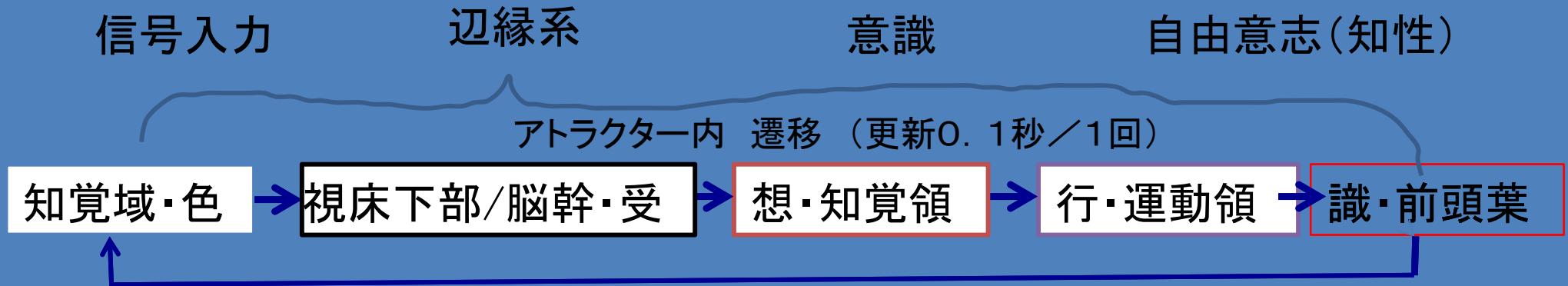
NHK 番組より



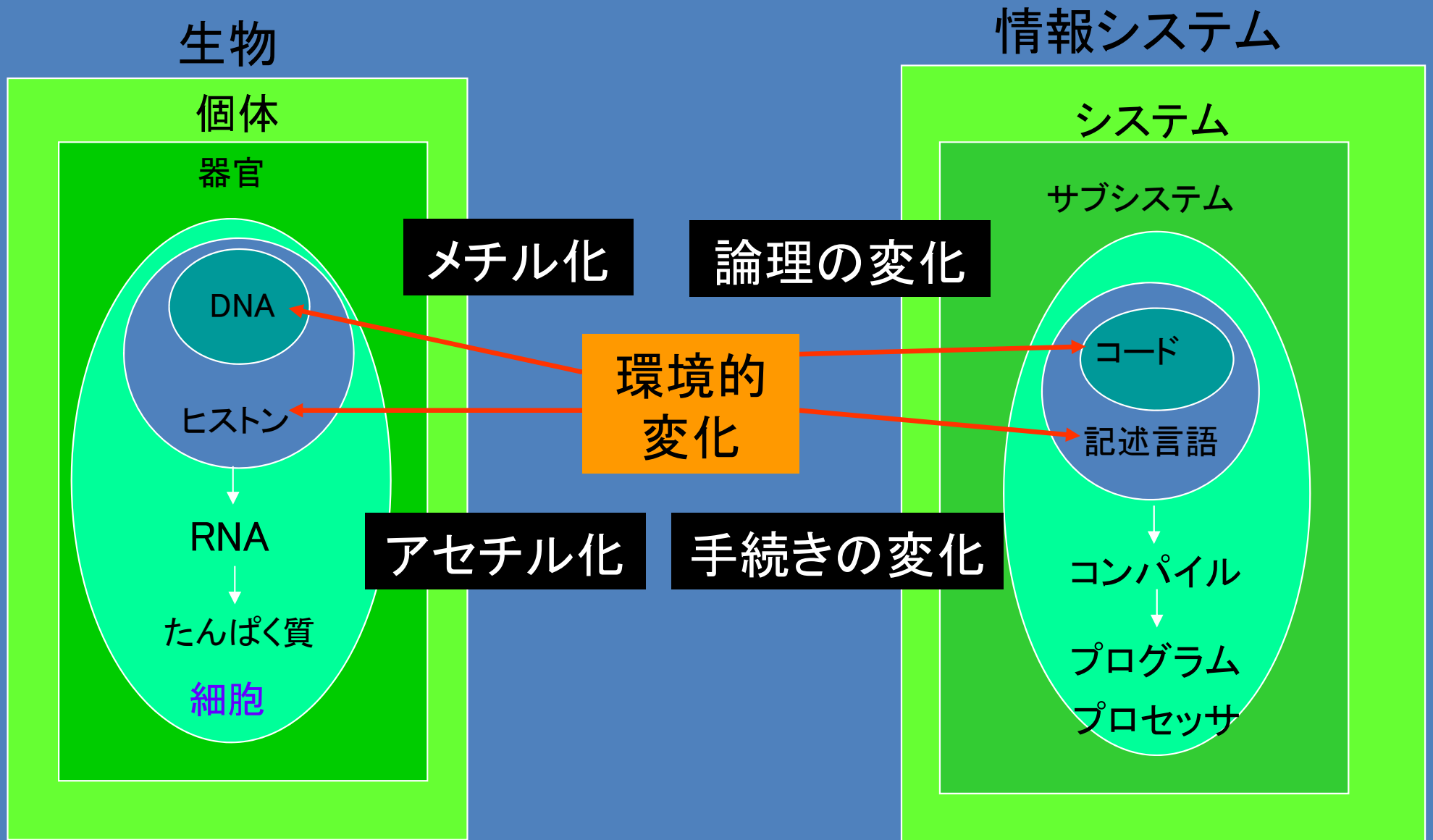
信号入力から認識するまでの時間

Freemannの大局的辺縁アトラクター

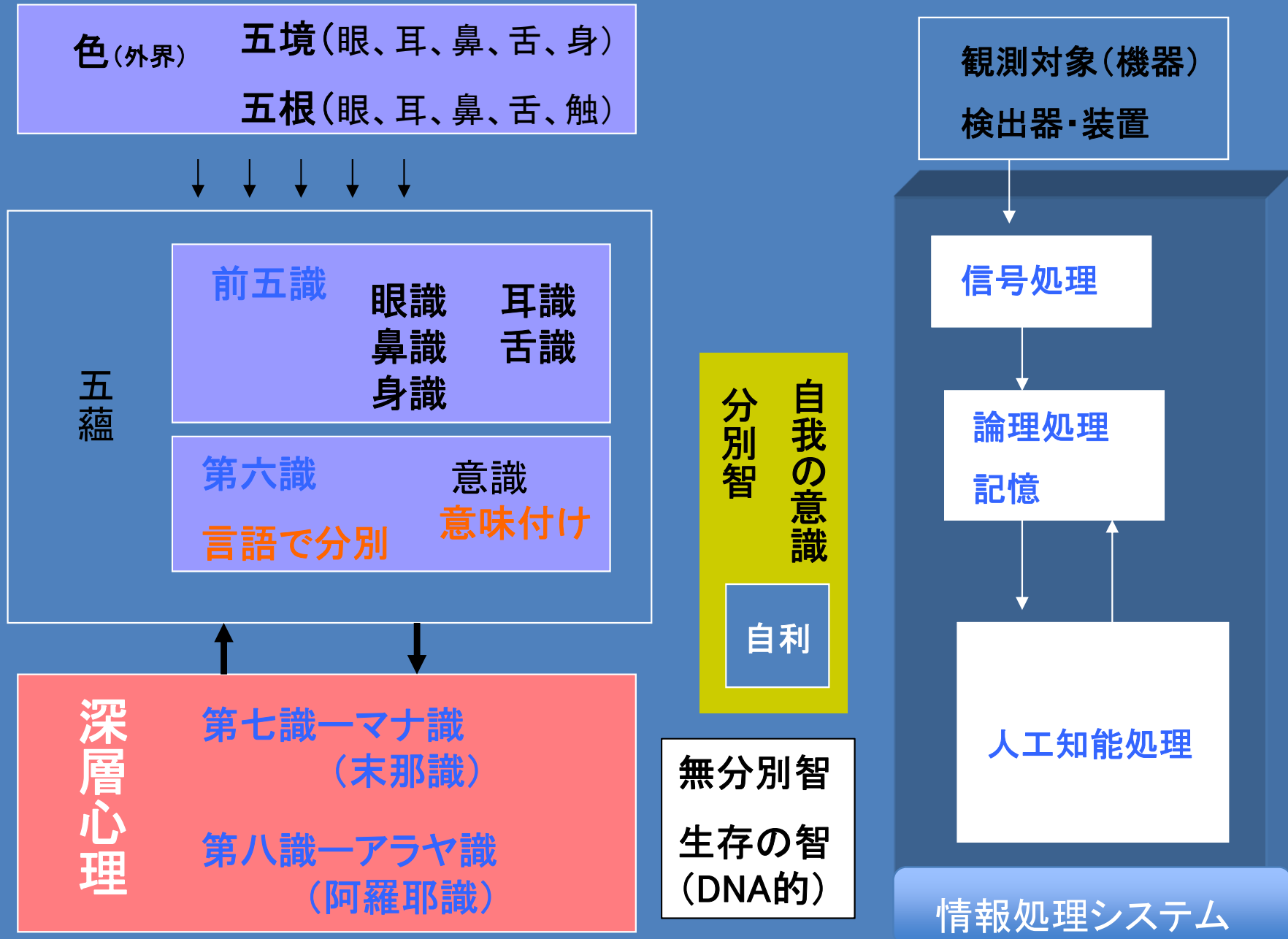
図はNHK番組より



生物と情報システムのエピジェネティック相似



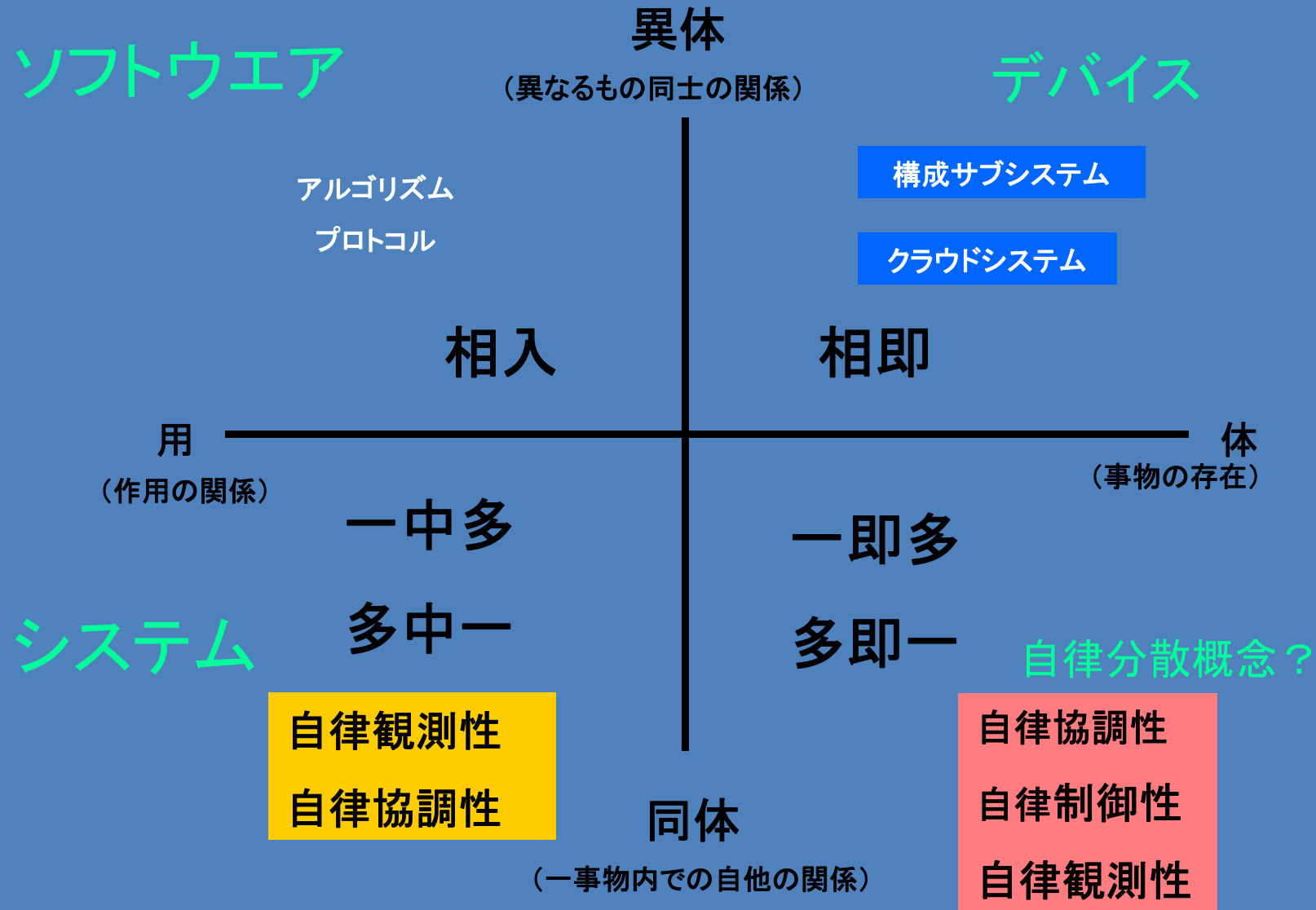
唯識論における八識の階層構造



華嚴法界の基本的構造とホロン構造

複雑系・無限と相対

華嚴五教章より



江戸切子ガラスに蓮華蔵世界を発見



江戸切子の文様



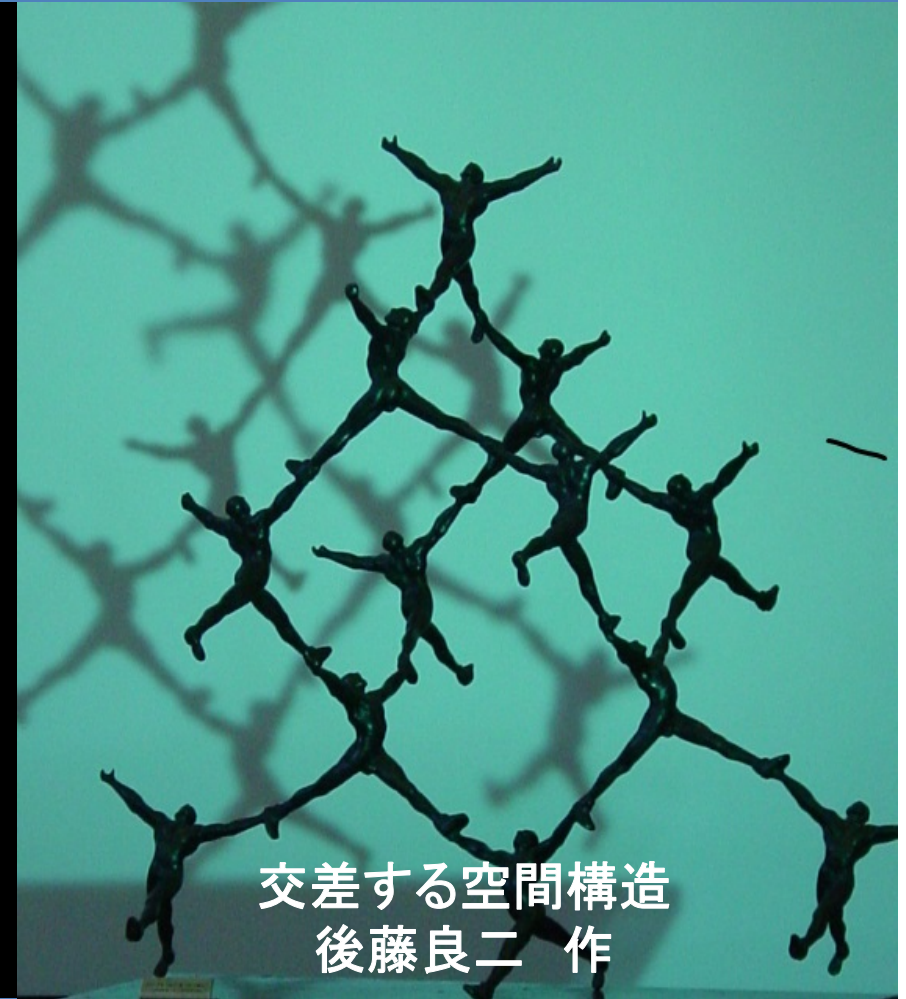
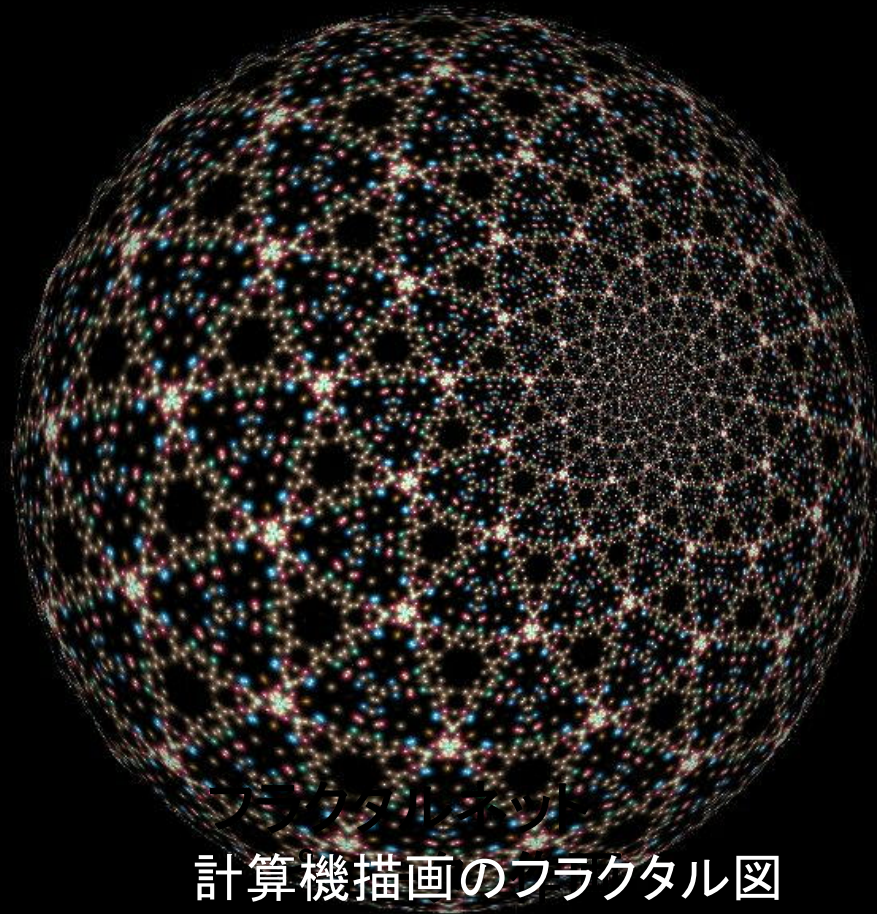
—即一切、一切即—

—即多、多即—

禅の認識

インドラ網の結び目からみる重重無尽世界

帝釈天（華嚴経）のインドラ網（因陀羅帝網）



縁起一重々無尽法界（因縁果報）

西田幾多郎の哲学、鈴木大拙の世界観の導入

西田哲学の基本は「絶対矛盾的自己同一」

華嚴世界観で言う

一即多、多即一

一即一切、一切即一

一入一切、一切入一

と類似の世界観を持つ哲学と考えていいのではないか

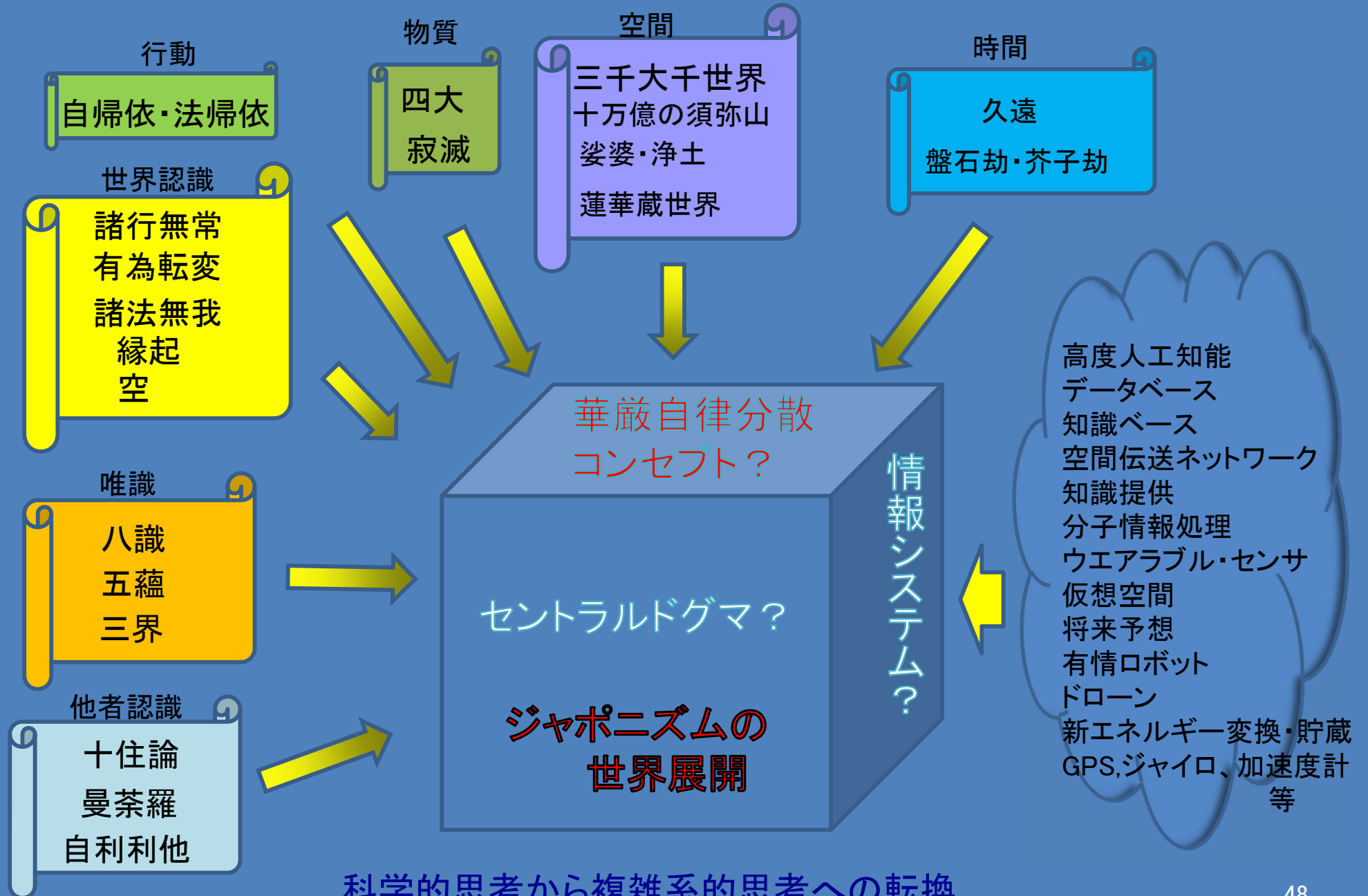
鈴木の西洋科学史観・文明論

(Divide and Rule、主客分裂)の観点から、

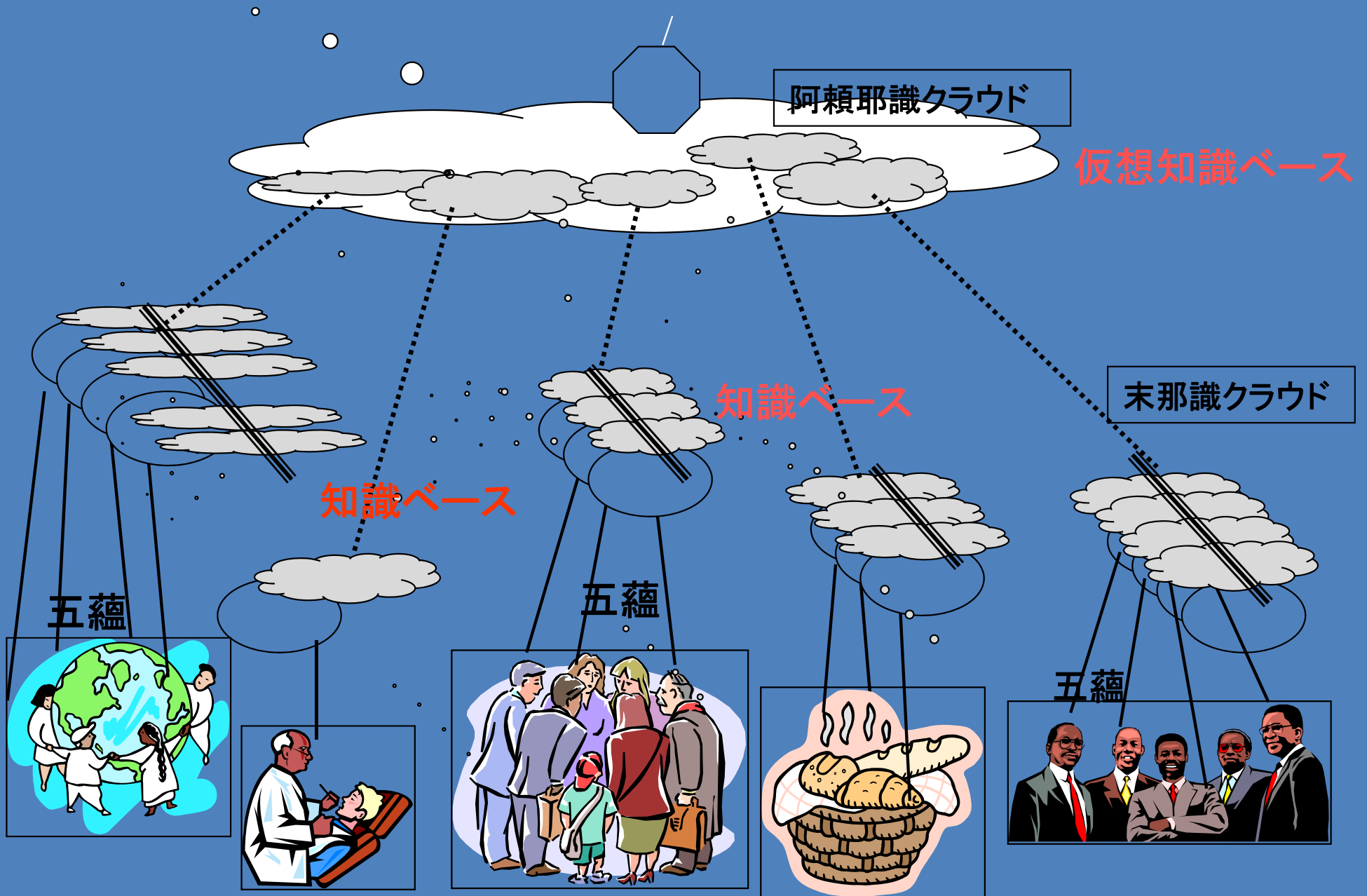
システム論を展開するのはどうか

国際展開には、西田と鈴木的主張に依拠した説明がよい？

2000年にわたる東洋の知恵を情報処理システムに反映



蓮華蔵世界観によるクラウドシステム



クラウド知識の入れ子構造

情報システム世界

華嚴世界法界

事事無碍法界

(無矛盾)

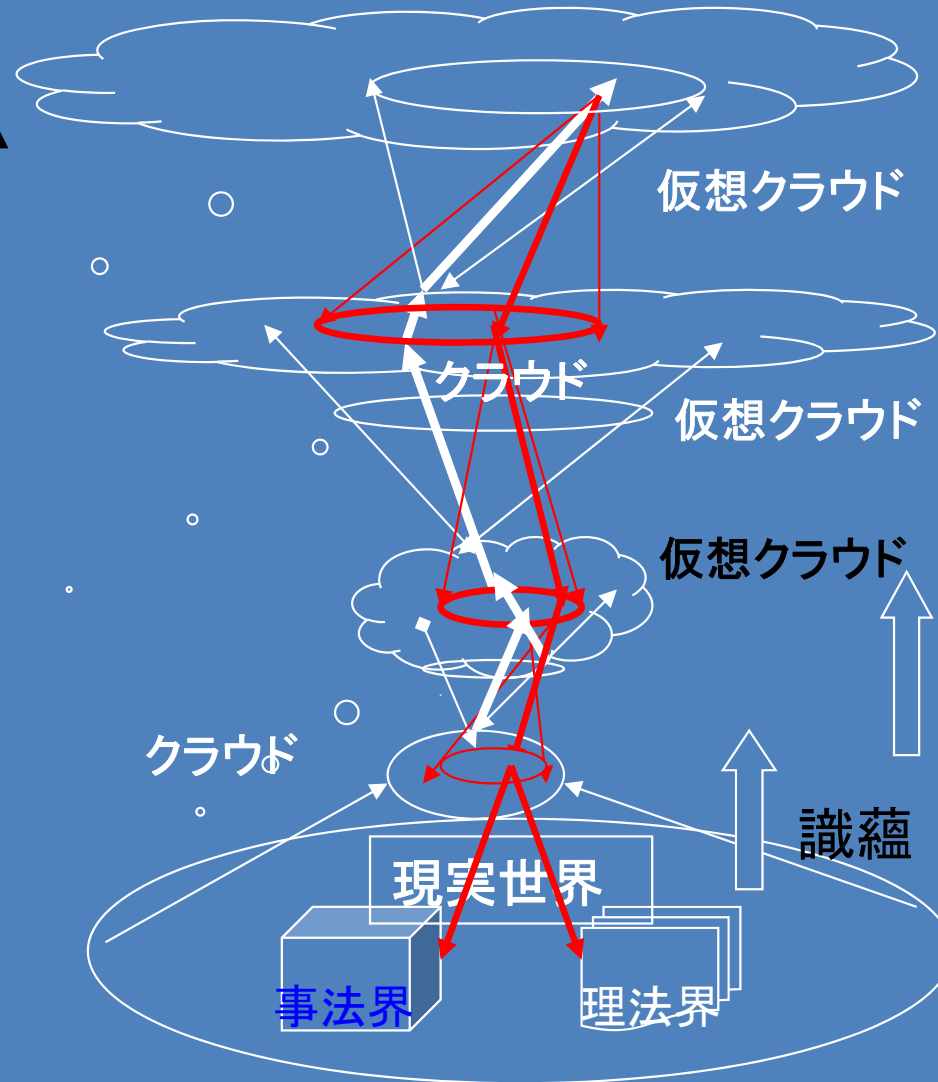
阿頼耶識

末那識

理事無碍法界

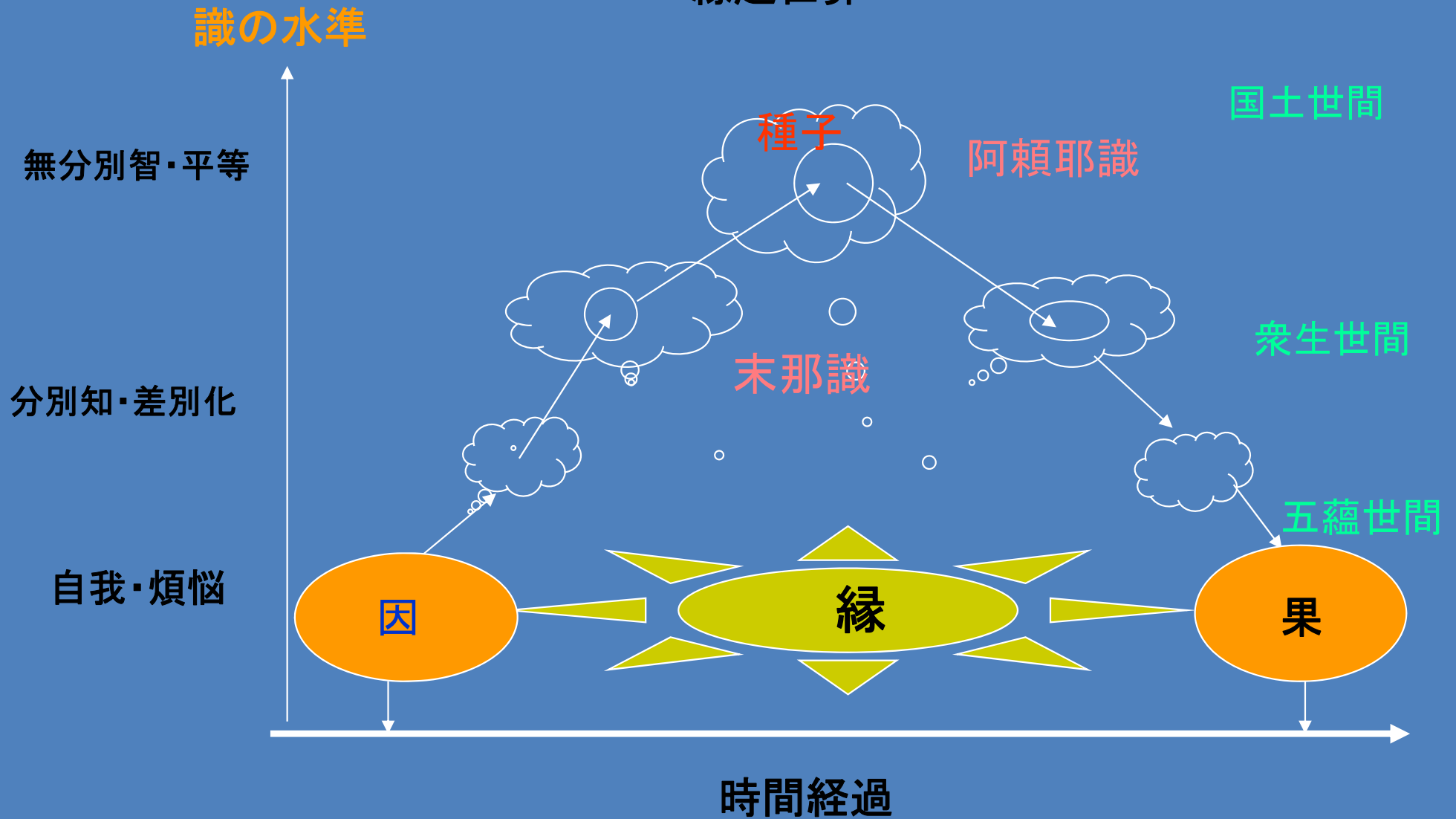
(矛盾)

- Resilience
- Dependability
- Fault -Tolerance
- Fault-Avoidance
- Zero- defect

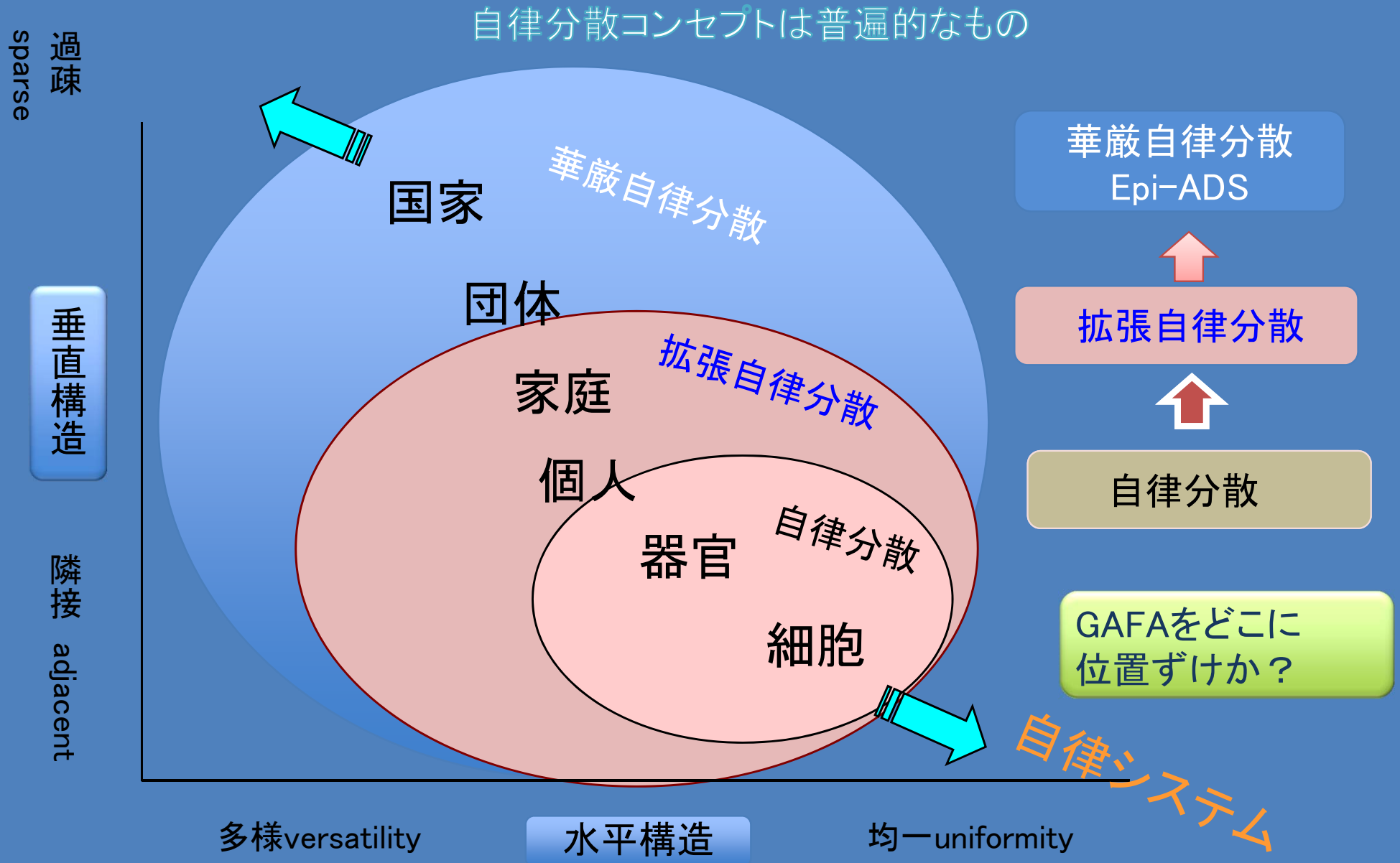


縁起と種子の醸成 / 燻蒸

縁起世界



世界の水平構造と垂直構造・自律分散



環境の変化に対応して、自律的変態をおこなうため可観測軸を導入

ホモ・サピエンス社会のカンブリア爆発?

日本のSociety 5.0の縁起

天の時

- ①自然の変化(温暖化、地殻変動、人間以外の生物の喪失)
- ②人間社会の不安定化(南北、東西、人種、貧富間の抗争)
- ③爛熟した科学技術への不信感と自信喪失

地の利

- ①東洋文化と西洋文化の融合の文化圏
- ②自然豊かな国土と豊富な海洋資源
- ③勤勉な社会風土(優秀な技術と技能の伝承)

人の和

- ①現人の寛容性(宗教、文化、文明の融合)
- ②縄文人の共生精神、自律と自利利他精神
- ③惻隠の情



マルチ・メイジャーの活躍 (複雑系システム思考)

パラダイム・シフト

感覚能、知能、移動能の獲得

リニア新幹線、知的ロボット、
遺伝子工学、5.0通信システム等

ブランコ (swing) 理論、温新知故

ブランコー時間的移動ー過去から現在を見る(温故知新)
ー現在から未来を見る(温新知故)

(1) 観察位置の変化

空間的移動ー空間認知ーVR(仮想現実)

時間軸上の移動ー時間認知ー温故知新、温新知故

ブランコ理論に必要なAugumented Archeive (AA)

クラウド情報の活用

(2) デカルトパラダイムから無限と相対のパラダイムへ

fractal=fractus(断片) + al(一緒にする) ←all

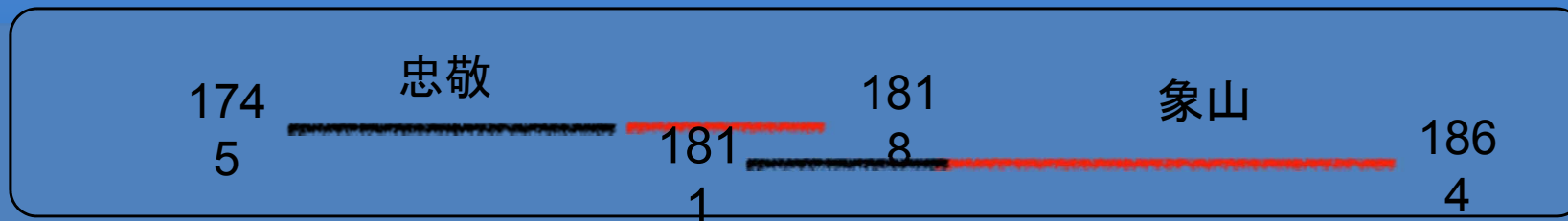
Holon=holos(全体) + on(部分) ←one

パラダイムシフト期のマルチメイジャー先達

晩年型・シニア型

伊能忠敬(1745-1818)

- ・16歳で伊能家に入り婿して海運と商業(酒、薪、米、肥料)で成功
- ・50歳で隠居し、天文学、暦学の習得
- ・55歳から17年、10次に渉る全国の測定と地図化 4万Km踏破(地球1周に相当)



壮年型・ミドル型

佐久間象山(1811-1864)

- ・25歳松代で儒学・朱子学を学ぶ
- ・32歳江戸に出て私塾(砲術、兵学、化学、数学、蘭学、ガラス製造、地震予想器)
 - 自力開発による大砲の鑄造 ペリー提督面会時威圧
 - 勝海舟、吉田松陰、坂本龍馬など入門
- ・45歳 松陰事件で松代に蟄居9年、西洋研究(大砲製造、地震予知、電池製作、電信実験など)
 - 高杉晋作、久坂玄瑞、中岡慎太郎等の訪問
- ・54歳公武合体、開国論説く——京都で暗殺

文理に渡る複数の領域での専門家 (multi-majored expert)

Societyと専門家

SDCs

1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
山脈型 (美ヶ原型)	Π型	I型	Π型 (飯綱山型)	Δ型 (戸隠山型)

SDGsでの技術者(専門家)の役目

17項の持続可能な社会を目指した開発目標(SDGs)のうち

第17項が工学者への期待

実施事項を強化、グローバル・パートナーシップの活性化

手段としての

Society5.0

(第4次産業革命)

- ・要素還元思考と関係主義的思考・ **ジャポニズム**
- ・複数の文系・技術系分野のシステム思考

Multi-major心構え あれこれ

自利的

研究は自由に、開発は結果責任

研究の成功率(1~/10)と開発の成功率(8~9/10)

先行研究はニッチを探せ、奥深く宝の山

参照文献がないのは思いつきか、希望に過ぎない

後追い研究は過去の文献調査、特許回避で時間、金、人の浪費

以前の阻害要因は、他分野の革新で今は推進要因に化けている

学位/技術士は、技術者のパスポート、特許は生活の糧、勲章

他利的

討論は腹を割った共同作業、結果は共有


まずは相手にGive、そして相手からTake

新発足の会議から参加して、設立委員に

初対面で、会話のためのニックネームの交換

国際学会では食事、遊び時外人グループに飛び込む

17時までライバル、17時以降は親友(特に海外では)



ご静聴有難うございました