

第4次産業革命 人材育成推進会議(第2回)	資料1
平成29年2月3日	

人工知能の発展と 必要な能力

東京大学大学院工学系研究科
松尾豊特任准教授提出資料

人工知能をめぐる動向

- 第1次AIブーム(1956～1960年代):探索・推論の時代

- ダートマスワークショップ(1956)
 - 人工知能(Artificial Intelligence)という言葉が決まる
 - 世界最初のコンピュータENIAC(1946)のわずか10年後
- 数学の定理証明、チェスを指す人工知能等

考えるのが早い人工知能

- ...冬の時代

- 第2次AIブーム(1980年代):知識の時代

- エキスパートシステム
- 医療診断、有機化合物の特定、...
- 第5世代コンピュータプロジェクト:通産省が570億円

ものしりな人工知能

- ...冬の時代

- 第3次AIブーム(2013年～):機械学習・ディープラーニングの時代

- ウェブとビッグデータの発展
- 計算機の能力の向上

データから学習する人工知能

将棋電王戦

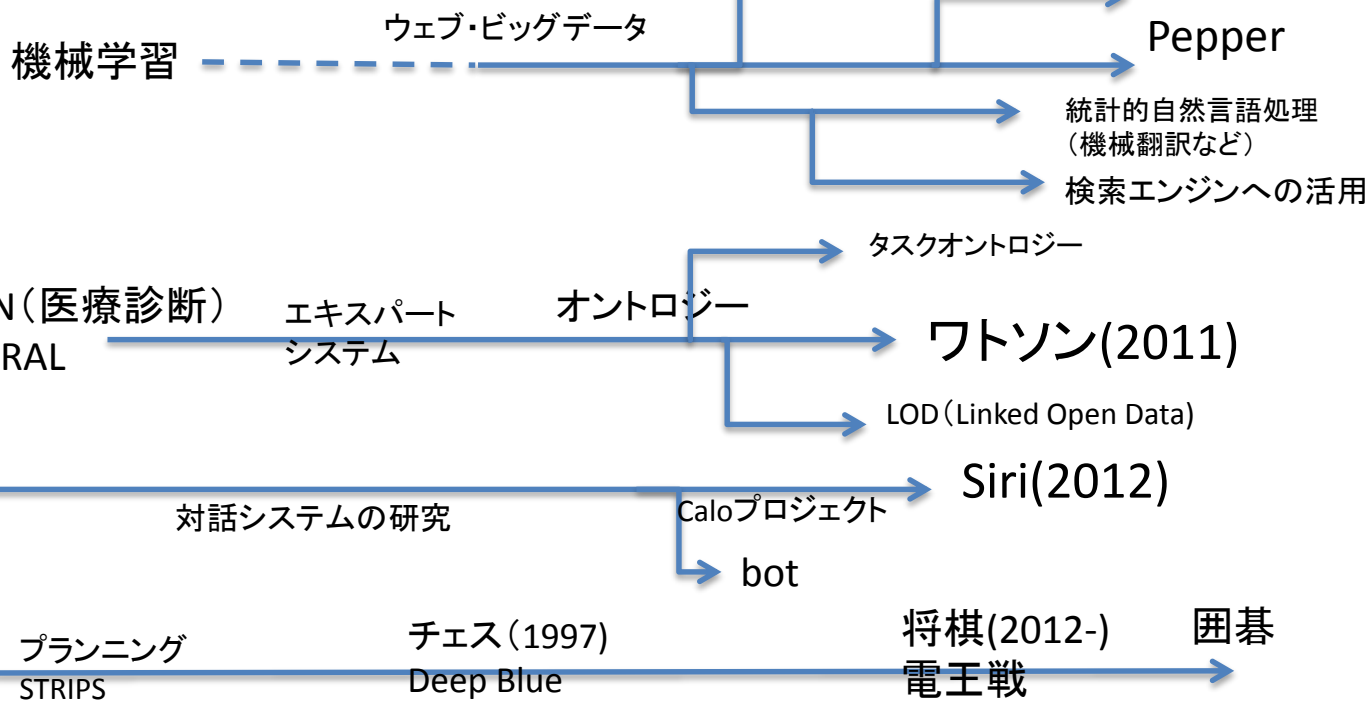


IBM ワトソン



ディープラーニング革命

- ILSVRCでの圧勝(2012)
- Googleの猫認識(2012)
- ディープマインドの買収(2013)
- FB/Baiduの研究所(2013)
- アルファ碁(2016)



1956 1970 1980 1995 2010 2015

- 第一次AIブーム (推論・探索)** (First AI Boom (Inference/Exploration))
- 第二次AIブーム (知識表現)** (Second AI Boom (Knowledge Representation))
- 第三次AIブーム (機械学習・ディープラーニング)** (Third AI Boom (Machine Learning/Deep Learning))

ディープラーニングの今後の発展

① 画像

画像から、特徴量を抽出する

画像認識の精度向上

② マルチモーダル

映像、センサーなどのマルチモーダルなデータから特徴量を抽出し、モデル化する

動画の認識精度の向上、行動予測、異常検知

③ ロボティクス(行動)

自分の行動と観測のデータをセットにして、特徴量を抽出する。記号を操作し、行動計画を作る。

プランニング、推論

④ インタラクション

外界と試行錯誤することで、外界の特徴量を引き出す

オントロジー、高度な状況の認識

⑤ 言葉とのひもづけ(シンボルグラウンディング)

高次特徴量を、言語とひもづける

言語理解、自動翻訳

⑥ 言語からの知識獲得

グラウンディングされた言語データの大量の入力により、さらなる抽象化を行う

知識獲得のボトルネックの解決

認識



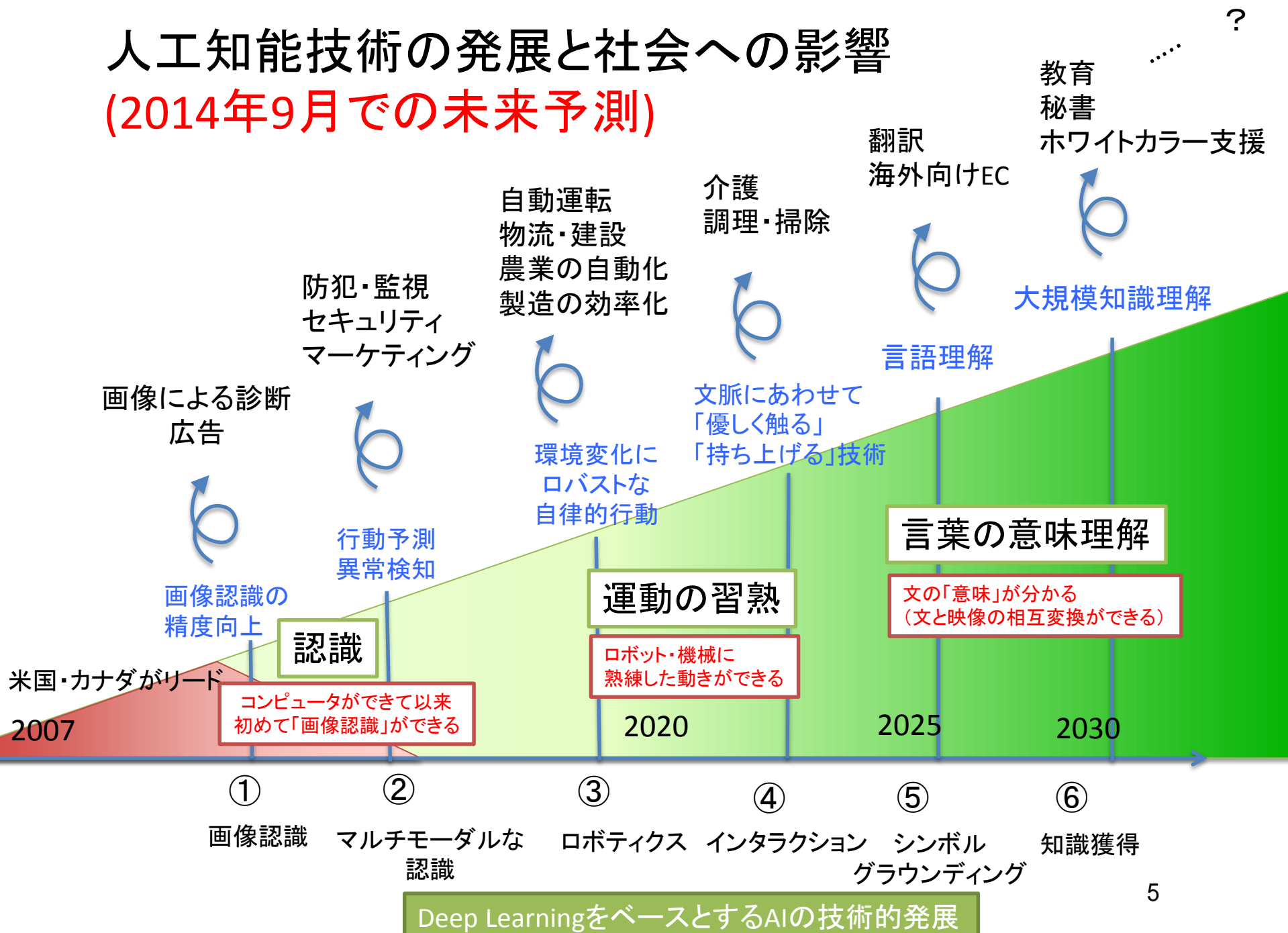
運動



言葉

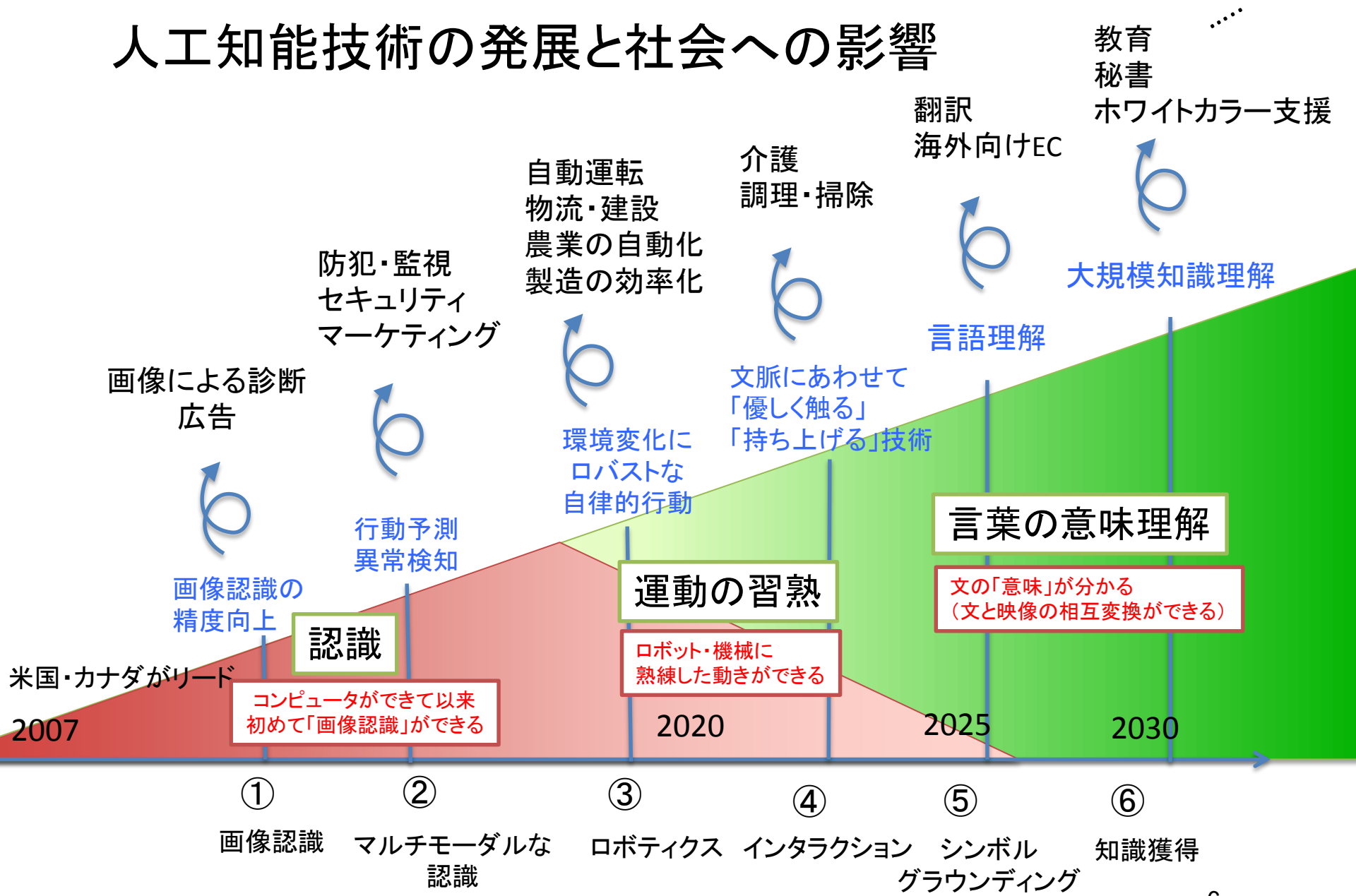
ディープラーニングがすごいというより
その先に広がる世界がすごい

人工知能技術の発展と社会への影響 (2014年9月での未来予測)



?

人工知能技術の発展と社会への影響



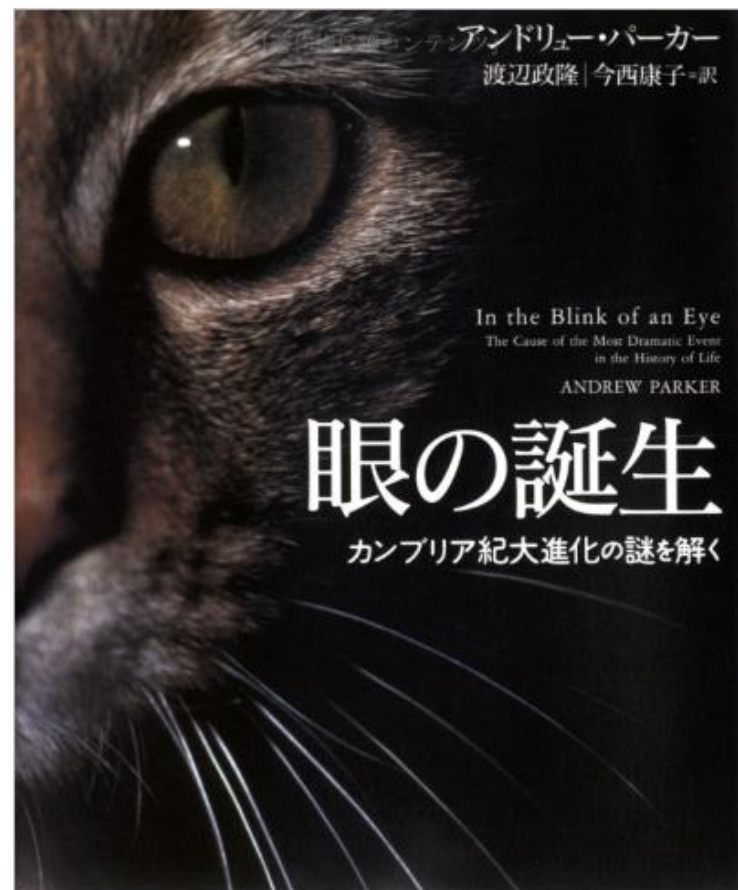
Deep LearningをベースとするAIの技術的发展

眼の誕生

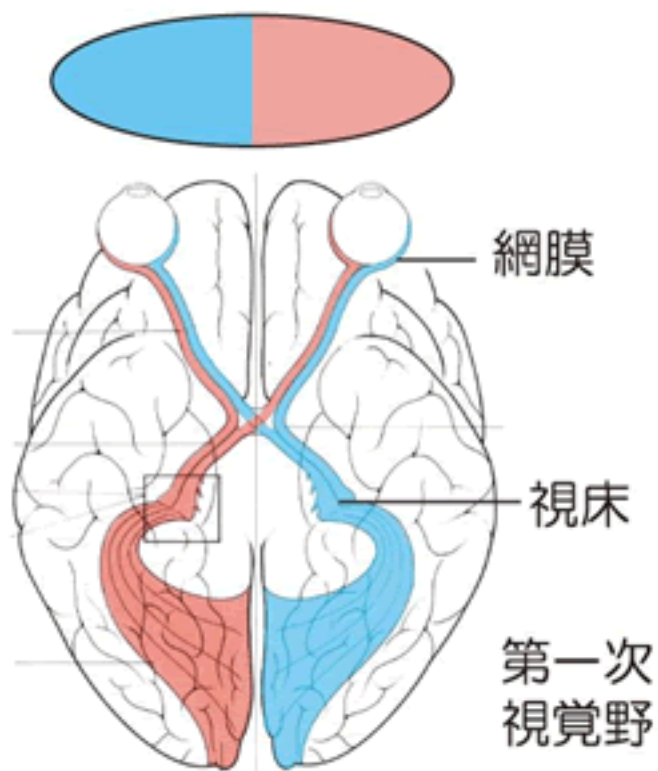
- カンブリア爆発
 - 5億4200万年前から5億3000万年前の間に突如として今日見られる動物の「門」が出そろった現象
 - 古生物学者アンドリュー・パーカーは、「眼の誕生」がその原因だったの説を提唱
- ディープラーニングにより、見えるようになる
 - さらに、次に何が起こるかを予想して動けるようになる。
- 「眼をもった機械」が誕生する。
 - 機械・ロボットの世界でのカンブリア爆発が起こる。
 - これを日本企業が取れるか？



三葉虫: 史上初めて眼をもった生物



眼が見える仕組み



←イメージセンサ

←ディープラーニング
(CNN: 畳み込みニューラルネットワーク)

既存産業の発展

農業	収穫判定	トラクター、コンバインの適用範囲拡大、効率向上 選別調製等の自動化	自動での収穫 自動での耕うん
建設	測量	掘削、基礎工事、 外装内装作業等の 効率向上	多くの作業の 自動化・効率化
食品 加工	振り分け 確認	カット、皮むき等 の自動化 食洗機に入れる	多くの加工工程の 自動化
組み立て 加工	目視確認の 自動化	動作効率の向上	段取りの自動化 セル生産の自動化

⋮

機械・ロボットのカンブリア爆発

- 介護施設や病院等での見守り・介護ロボット
- 医療（X線、CT、皮膚、心電図、手術ロボット）
- 警備、防犯技術
- 顔による認証・ログイン・広告技術、表情読み取り技術（サービス業全般に重要）
- 国家の安全保障、入国管理、警察業務、輸出入管理業務における活用
- 防災系（河川、火山、土砂崩れを見張る）
- 重機系（掘削、揚重）、建設現場系（セメント固め、溶接、運搬、取り付け）
- 農業系（収穫、選果、防除、摘花・摘果）
- 自動操縦系（ドローン、小型運搬車、農機、建機）
- 自動運転系、物流
- 産業用ロボット系（特に組み立て加工等）
- 調理系（牛丼、炊飯、ファミリーレストラン、外食全般）
- ペットロボット系
- 片付けロボット（家庭、オフィス、商業施設）
- 新薬発見や新素材の開発（遺伝子の認識・分析、実験ロボット）
- 廃炉系（深海や鉱山、宇宙も含めた極限環境）

農業・建設・食品加工だけでなく、医療や介護、製造、廃炉なども。
日本の産業にとっては大きなチャンス

個人にとって：職業の変化

- 10年～20年で、日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に(NRI調べ、2015年12月)
- 新しい仕事が出てくる。

人工知能やロボット等による代替可能性が高い100種の職業（50音順、並びは代替可能性確率とは無関係）

※職業名は、労働政策研究・研修機構「職務構造に関する研究」に対応

IC生産オペレーター	こん包工	電子計算機保守員（IT保守員）
一般事務員	サッシ工	電子部品製造工
鋳物工	産業廃棄物収集運搬作業員	電車運転士
医療事務員	紙器製造工	道路パトロール隊員
受付係	自動車組立工	日用品修理ショップ店員
A V ・通信機器組立・修理工	自動車塗装工	バイク便配達員
駅務員	出荷・発送係員	発電員
N C 研削盤工	じんかい収集作業員	非破壊検査員
N C 旋盤工	人事係事務員	ビル施設管理技術者
会計監査係員	新聞配達員	ビル清掃員
加工紙製造工	診療情報管理士	物品購買事務員
貸付係事務員	水産ねり製品製造工	プラスチック製品成形工
学校事務員	スーパー店員	プロセス製版オペレーター
カメラ組立工	生産現場事務員	ボイラーオペレーター
機械木工	製パン工	貿易事務員
寄宿舎・寮・マンション管理人	製粉工	包装作業員
CADオペレーター	製本作業員	保管・管理係員
給食調理人	清涼飲料ルートセールス員	保険事務員
教育・研修事務員	石油精製オペレーター	ホテル客室係
行政事務員（国）	セメント生産オペレーター	マシニングセンター・オペレーター
行政事務員（県市町村）	繊維製品検査工	ミシン縫製工
銀行窓口係	倉庫作業員	めっき工
金属加工・金属製品検査工	惣菜製造工	めん類製造工
金属研磨工	測量士	郵便外務員
金属材料製造検査工	宝くじ販売人	郵便事務員
金属熱処理工	タクシー運転者	郵便事務員
金属プレス工	宅配便配達員	有料道路料金収受員
クリーニング取次店員	鍛造工	レジ係
計器組立工	駐車場管理人	列車清掃員
警備員	通関士	レンタカー営業所員
経理事務員	通信販売受付事務員	路線バス運転者
検収・検品係員	積卸作業員	
検針員	データ入力係	
建設作業員	電気通信技術者	
ゴム製品成形工（タイヤ成形を除く）	電算写植オペレーター	

人工知能やロボット等による代替可能性が低い100種の職業（50音順、並びは代替可能性確率とは無関係）

※職業名は、労働政策研究・研修機構「職務構造に関する研究」に対応

アートディレクター	児童厚生員	バーテンダー
アウトドアインストラクター	シナリオライター	俳優
アナウンサー	社会学研究者	はり師・きゆう師
アロマセラピスト	社会教育主事	美容師
犬訓練士	社会福祉施設介護職員	評論家
医療ソーシャルワーカー	社会福祉施設指導員	ファッションデザイナー
インテリアコーディネーター	獣医師	フードコーディネーター
インテリアデザイナー	柔道整復師	舞台演出家
映画カメラマン	ジュエリーデザイナー	舞台美術家
映画監督	小学校教員	フラワーデザイナー
エコノミスト	商業カメラマン	フリーライター
音楽教室講師	小児科医	プロデューサー
学芸員	商品開発部員	ペンション経営者
学校カウンセラー	助産師	保育士
観光バスガイド	心理学研究者	放送記者
教育カウンセラー	人類学者	放送ディレクター
クラシック演奏家	スタイリスト	報道カメラマン
グラフィックデザイナー	スポーツインストラクター	法務教官
ケアマネージャー	スポーツライター	マーケティング・リサーチャー
経営コンサルタント	声楽家	マンガ家
芸能マネージャー	精神科医	ミュージシャン
ゲームクリエイター	ソムリエ	メイクアップアーティスト
外科医	大学・短期大学教授	盲・ろう・養護学校教員
言語聴覚士	中学校教員	幼稚園教員
工業デザイナー	中小企業診断士	理学療法士
広告ディレクター	ツアーコンダクター	料理研究家
国際協力専門家	ディスクジョッキー	旅行会社カウンター係
コピーライター	ディスプレイデザイナー	レコードプロデューサー
作業療法士	デスク	レストラン支配人
作詞家	テレビカメラマン	録音エンジニア
作曲家	テレビタレント	
雑誌編集者	図書編集者	
産業カウンセラー	内科医	
産婦人科医	日本語教師	
歯科医師	ネイイル・アーティスト	

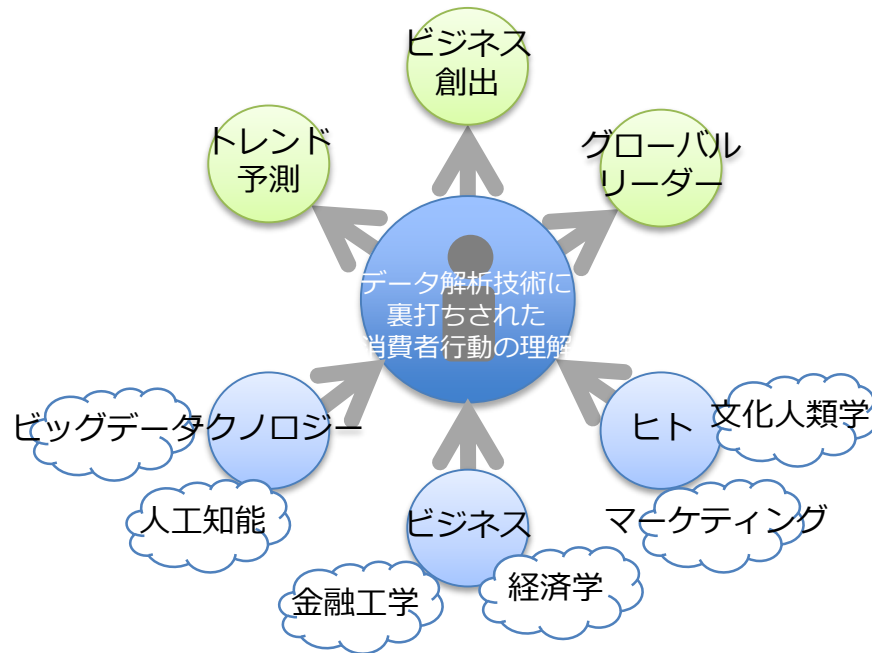
重要になる人間の役割

- 対人間のコミュニケーション
 - 低付加価値のサービスは機械化・ロボット化
 - 高付加価値のサービスは人間が
- 目的の設定・価値判断・責任主体
 - なにが大事か。異なる価値観のものをどうバランスさせるのか。
 - ニーズを捉える企画や経営
- センサー・創造性
 - 「生命」由来の、ものまねではない創造性
- 人工知能・ロボットを使う仕事
 - 人工知能・ロボットの開発・運用
 - 教える(教師データを与える)、補完する、伝える
 - 熟練の技術、知識、スキル

教育に関する取り組み

グローバル消費インテリジェンス寄付講座

本講座では、情報工学（機械学習や自然言語処理等を含む、ウェブ工学や人工知能技術）、文化人類学（消費者・生活者理解）、経済・経営学（マーケティング）に関する知識やスキルを総合的に教育し、世界最先端の学術とそのビジネスへのアプリケーションの双方に通じた、将来のCMO（チーフマーケティングオフィサー）人材を育成・排出することを目指す。



3年間で合計200名を超える学生が受講。（工だけでなく、理、医、経など全学から。）
そのうち、80名程度が、コースを修了し、企業のデータ分析でも活躍。
11社からのサポートを受け、日本を代表するような巨大な消費データの分析に取り組む。

カリキュラム：全12回で技術力と応用力をバランスよく学ぶ

	題名	概要	関連技術	
データ解析の基礎技術	第1回 (5/11)	データの種類と解析技術の全体像	<ul style="list-style-type: none"> データ解析に関わる要素技術の全体像を把握する 	-
	第2回 (5/25)	データの取得	<ul style="list-style-type: none"> 企業の内部データと外部データの位置づけを理解する 非構造化データを構造化する力を身につける 	Web, Social media, Cookie data
	第3回 (6/8)	データの解析 (自然言語処理編)	<ul style="list-style-type: none"> データから顧客のニーズ/不満やトレンドを把握する為に必要な「テキスト解析技術」に関して体系立てて学ぶ 	R, python, 自然言語処理
	第4回 (6/15)	データの解析 (機械学習編)	<ul style="list-style-type: none"> 顧客行動履歴データからの顧客属性判別や、顧客クラスタリングの基礎技術となる、「機械学習技術」を身につける 	分類器, Clustering etc
	第5回 (6/22)	データの可視化	<ul style="list-style-type: none"> データ解析をデータ活用に昇華させる為の可視化体系を学ぶ 	チャート, グラフ, Gephi,
企業活動への応用	第6回 (6/29)	ビジネスとマーケティング ・ 外部講師 (エキスパート)	<ul style="list-style-type: none"> 横断的な立場でマーケティング/データ解析業務に関わる方から、マーケティング理論とデータ解析の関係性について学ぶ 	マーケティング理論
	第7回 (7/6)	ビジネス現場でのデータ活用例 ・ 外部講師 (企業講演)	<ul style="list-style-type: none"> 日本を代表する企業でデータ解析業務を統括する方からデータ解析業務の実際を聞き、必要なスキルに関し議論する 	ビジネスインテリジェンス業務
	第8回 (7/13)	ケーススタディ①	<ul style="list-style-type: none"> 実際にデータを活用し企業現場での課題に答えを出してみる <ul style="list-style-type: none"> ・ ドワンゴ/ ローソン 	総合
	第9回 (7/27)	ケーススタディ②	<ul style="list-style-type: none"> 実際にデータを活用し企業現場での課題に答えを出してみる <ul style="list-style-type: none"> ・ CCC / インテージ 	総合
	第10回 (9/14)	データ解析における論点設定 ・ 外部講師 (エキスパート)	<ul style="list-style-type: none"> データからビジネスの現場で意味のある示唆を出すために重要になる、「問い」の設定方法の考え方を学ぶ 	論点・仮説構築
	第11回 (9/28)	解析結果の解釈法 ・ 外部講師 (エキスパート)	<ul style="list-style-type: none"> 解析結果をビジネスにおける提案やアクションにつなげるための「解釈方法」の考え方を学ぶ 	So what抽出 Storylining
	第12回 (10/5)	データ解析の未来 (人工知能概論) ・ 松尾准教授	<ul style="list-style-type: none"> データ解析技術の未来と人工知能の役割について学ぶ。 	人工知能
修了式 (12/16)	<ul style="list-style-type: none"> 修了認定証の授与 			
応用セッション (A2/Wターム)	<ul style="list-style-type: none"> 企業との共同研究プロジェクト参加 			

オンライン教材も活用しながらデータ解析の技術を学ぶ

ビジネス現場での実例やケーススタディを通して技術を「使える」力を養う

先端人工知能論I

MLP・ニューラルネットワークの基礎から始まり、徐々にDeep Learningの核心的技術や最新トピックが学べるように設計された、高度なプログラムを提供します。「Practice makes perfect」の考えに基き、演習を通じての技術習得を目指します。演習では、ブラウザ上からGPUを利用したPythonコーディングが可能な開発環境「ilect.net」を提供しており、前提知識やGPU開発環境など多くの要素を必要とするDeep Learning技術の学習においても、本題のみに集中して学習できるように講義を設計しています。

- Introduction
内容: Deep Learningとは、人工知能技術の歴史、社会への影響／講義全体像と注意事項など
日付: 2016/ 4/19
- Machine Learning 1
内容: Machine Learning, k-NN, Logistic Regression
／ Training, Testing
日付: 2016/ 4/26
- Machine Learning 2
内容: Numpy, Scipy, Scikit-learnを利用した機械学習
／ Numpy Idioms／高度な行列操作、スライシング
日付: 2016/ 5/10
- Perception+Feed Forward Network, Gradient Descent
内容: ニューラルネットワークの基礎
日付: 2016/ 5/17
- Gradient Descent, Stochastic Gradient Descent, Optimizers
内容: Theano基礎／Optimizers
日付: 2016/ 5/24
- Autoencoders
内容: denoising Autoencoder, SdA
日付: 2016/ 5/31
- Convolutional Neural Networks(CNN)
内容: CNN基礎
日付: 2016/ 6/7
- Convolutional Neural Networks(CNN) 2
内容: CNN応用
日付: 2016/ 6/14
- 生成モデル
内容: RBM, VAEなど
日付: 2016/ 6/21
- Recurrent Neural Networks(RNN)
内容: 系列データの扱い
日付: 2016/ 6/28
- Deep Learning and Language Models
内容: Word Embedding, LSTM, Language Models
日付: 2016/ 7/5
- Advanced Topics とまとめ
内容: ロボットへの応用、高度な画像処理ネットワーク／DQN, AlphaGo等
日付: 2016/ 7/19

先端人工知能論II

先端人工知能論IIでは、Deep Learningの基礎的な知識とモデルを構築する能力を持つ者を対象に、より実践的な研究開発能力を身につけることを目的としたプロジェクト形式の授業を提供します。「Practice makes perfect」の考えに基き、演習を通じての技術習得を目指します。

- Introduction/Guidance
内容: 春学期まとめと秋学期の説明、チーム開発と注意点(概要)、講義全体像と注意事項など
日付: 2016/10/ 4
- 高度な画像認識
内容: 学習済みネットワークの再利用、転移学習、Fine-Tuning、VGG、Caffe入門
日付: 2016/10/11
- Deep Learningと大規模データ
内容: HPC, GPU, Profilers, Database and Deep Learning
日付: 2016/10/18
- 強化学習(DQN)
内容: 強化学習, 方策と価値関数, Q Learning, DQN
日付: 2016/10/25
- Team開発とプロジェクト
内容: チーム開発、Gitとワークフロー、プロジェクト管理
日付: 2016/11/ 1
- チーム紹介
内容: プロジェクト概要発表、チーム紹介
日付: 2016/11/15
- 高度な画像処理2
内容: Region proposal, Semantic segmentation, Fast/Faster RCNN, Deconvolution, FCN
日付: 2016/11/22
- 強化学習(DQN)2
内容: アドバンスドトピック
日付: 2016/12/ 6
- WebとDeep Learning
内容: Knowledge Representation, DeepWalk, Knowledge Graph
日付: 2016/12/13
- 集中開発回
日付: 2016/12/20
- 最終報告会
日付: 2017/ 1/21

学習データの分析： スタディサプリ(動画教育サービス)

スタディサプリ

会員ログインはこちら

スタディサプリ

高校講座

オンラインでできる、
ニガテの徹底攻略。

- ▶ 大学受験講座
- ▶ 高校講座
- ▶ 中学講座
- ▶ 小学講座
- ▶ ENGLISH

スタディサプリ高校講座・大学受験講座
14日間無料お試し体験

スタディサプリ小学講座・中学講座
7日間無料お試し体験

スタディサプリ高校講座・大学受験講座
学校法人からのお申し込み(※ 高校会員コードを使用したお申し込み)



「人工知能が家庭教師に」
ワールドビジネスサテライト(2015/12/17)

初期動画率ランキング

英語文法は最初に見られやすい

トップ10

講座	率
高3 スタンダードレベル英語～文法編～(前期)	64.0%
高3 ハイレベル英語～文法編～(前期)	56.2%
高2 トップ&ハイレベル英語～文法編～(前期)	55.1%
センター英語対策講座	52.3%
高3 トップレベル英語～文法編～(前期)	49.5%
高1 トップレベル英語～文法編～(前期)	47.1%
高2 英語～英単語入門編～	45.6%
高2 スタンダードレベル数学ⅠAⅡB(前期)	43.5%
高2 スタンダードレベル英語～文法編～(前期)	42.5%
高2 トップレベル数学ⅠAⅡB(前期)	41.6%

ドロップアウト率ランキング

センター対策が多い

トップ10

講座	率
センター英語直前対策講座	49.2%
私大 英語対策講座	48.7%
高2 英語～英単語入門編～	41.1%
関東難関私大 英語対策講座	41.0%
センター英語直前対策講座【1.4倍速】	38.6%
早稲田大学 英語対策講座	37.1%
高3 ハイ&スタンダード英語～英単語補充編～	37.0%
慶應義塾大学 英語対策講座	36.8%
センター世界史B対策講座【1.4倍速】	34.9%
センター世界史B対策講座	33.9%

閲覧の流れ:

高3 トップレベル英語～文法編～(前期)

- 基本的な流れは第 1 講 => 第 9 講
- 1 講ではじめてそこでやめる, 1 講ではじめて 9 講で終わる

講座名	FIRST	LAST	FIRST RATE	LAST RATE	START	END	COMP
第1講 時制 (1)	5428	1810	90.0%	30.0%	5428	3460	64.0%
第2講 時制 (2)	80	432	1.3%	7.2%	3270	2721	83.0%
第3講 仮定法 (1)	222	412	3.7%	6.8%	3100	2511	81.0%
第4講 仮定法 (2)	20	229	0.3%	3.8%	2512	2264	90.0%
第5講 助動詞 (1)	84	294	1.4%	4.9%	2598	2212	85.0%
第6講 助動詞 (2)	20	200	0.3%	3.3%	2242	2037	91.0%
第7講 不定詞 (1)	109	377	1.8%	6.2%	2427	2058	85.0%
第8講 不定詞 (2)	16	204	0.3%	3.4%	2038	1846	91.0%
第9講 動名詞	54	2075	0.9%	34.4%	2075	1776	86.0%

閲覧の流れ:

高3 ハイレベル英語～文法編～(前期)

- 7講に問題がある
- (2)系のComplete率が高い

講座名	FIRST	LAST	FIRST RATE	LAST RATE	START	END	COMP
第1講 時制 (1)	4267	810	35.3%	6.7%	4267	3068	72.0%
第2講 時制 (2)	73	236	0.6%	2.0%	2894	2620	91.0%
第3講 仮定法 (1)	156	185	1.3%	1.5%	2751	2410	88.0%
第4講 仮定法 (2)	29	127	0.2%	1.1%	2417	2250	93.0%
第5講 助動詞 (1)	82	141	0.7%	1.2%	2401	2168	90.0%
第6講 助動詞 (2)	22	113	0.2%	0.9%	2146	2015	94.0%
第7講 不定詞 (1)	7428	8231	61.4%	68.0%	10358	2969	29.0%
第8講 不定詞 (2)	13	215	0.1%	1.8%	2056	1883	92.0%
第9講 動名詞	28	2040	0.2%	16.9%	2040	1822	89.0%

チャプターごとの遷移①

逆戻り減少が見られる事がある

高3 トップレベル英語～文法編～(前期)

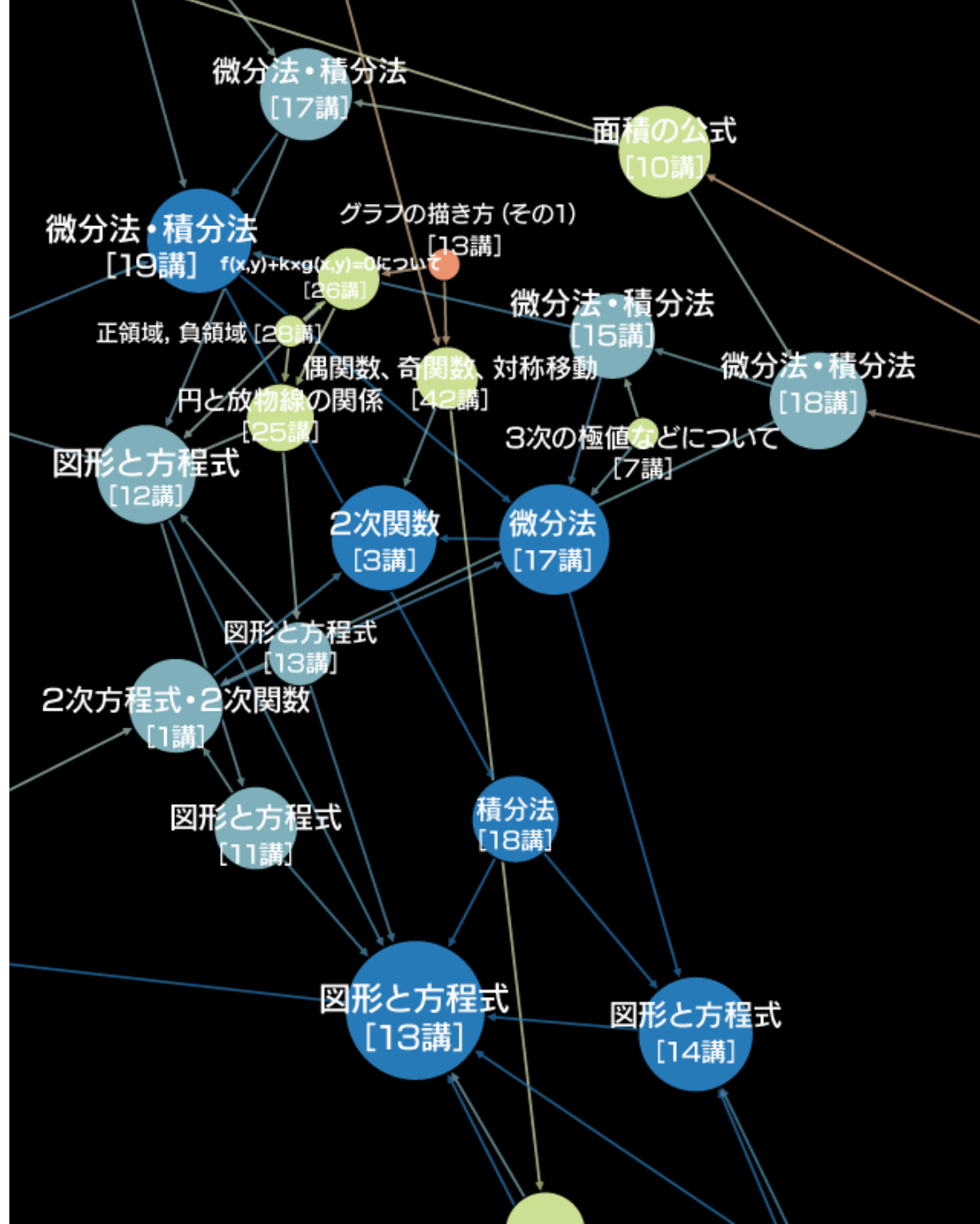
遷移元	遷移先	遷移確率
第3講 仮定法 (1)	第4講 仮定法 (2)	71%
第3講 仮定法 (1)	第2講 時制 (2)	8%
第3講 仮定法 (1)	第1講 時制 (1)	7%
第3講 仮定法 (1)	第5講 助動詞 (1)	4%
第3講 仮定法 (1)	第7講 不定詞 (1)	2%
第3講 仮定法 (1)	第10講 分詞	2%
第3講 仮定法 (1)	第12講 受動態	2%
第3講 仮定法 (1)	第9講 動名詞	1%
第3講 仮定法 (1)	第6講 助動詞 (2)	1%
第3講 仮定法 (1)	第11講 分詞構文	1%
第3講 仮定法 (1)	第8講 不定詞 (2)	1%

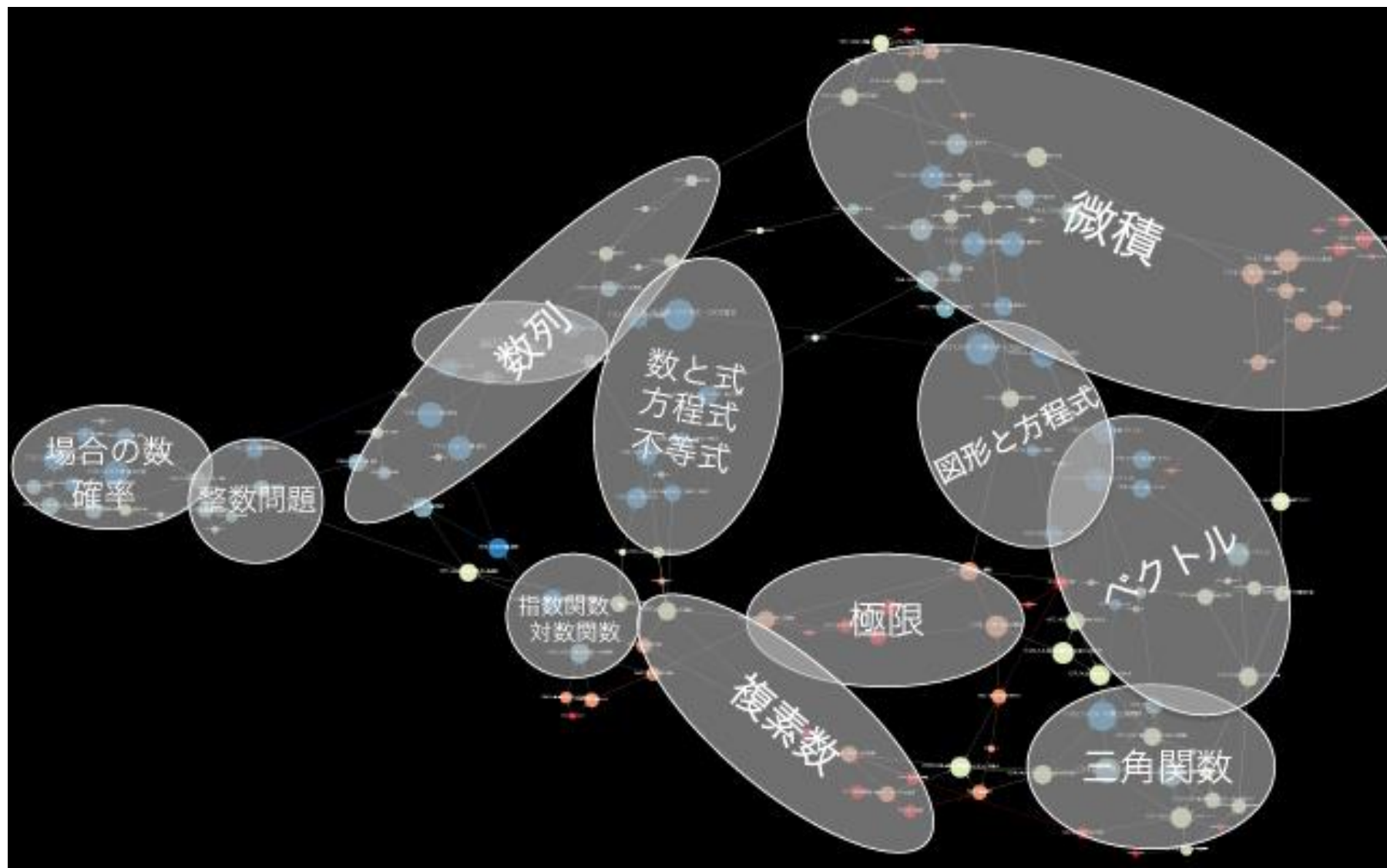
チャプターごとの遷移②

- 逆戻り現象が起こるのは、下記の2パターン
 - 直前の講座に戻る
 - 関連した前の分野に戻る

高3 トップレベル英語～文法編～(前期)

遷移元	遷移先	遷移確率
第8講 不定詞 (2)	第9講 動名詞	71%
第8講 不定詞 (2)	第7講 不定詞 (1)	8%
第8講 不定詞 (2)	第10講 分詞	7%
第8講 不定詞 (2)	第1講 時制 (1)	4%
第8講 不定詞 (2)	第5講 助動詞 (1)	2%
第8講 不定詞 (2)	第12講 受動態	2%
第8講 不定詞 (2)	第3講 仮定法 (1)	2%
第8講 不定詞 (2)	第6講 助動詞 (2)	1%
第8講 不定詞 (2)	第11講 分詞構文	1%
第8講 不定詞 (2)	第2講 時制 (2)	1%
第8講 不定詞 (2)	第4講 仮定法 (2)	1%





知識間関係をDeep Knowledge Tracing(DKT)により抽出

知識獲得の予測

- ある学習者について、各時刻の問題回答結果 q_1, q_2, \dots, q_t から $t + 1$ の問題回答結果 q_{t+1} を予測

- Recurrent Neural Networksを利用

$$\mathbf{h}_t = f(\mathbf{x}_t, \mathbf{h}_{t-1})$$

$$\mathbf{y}_t = g(\mathbf{h}_t)$$

- 変数：
 - t : 時刻
 - \mathbf{x}_t : 時刻 t に回答した問題の正誤
 - \mathbf{h}_t : 時刻 t の隠れ層
 - \mathbf{y}_t : 時刻 $t + 1$ の各問題の正誤確率の予測値
 - f, g : 学習対象の関数
- 過去の問題回答の正誤の系列から次の問題回答の正誤をそのまま予測している。

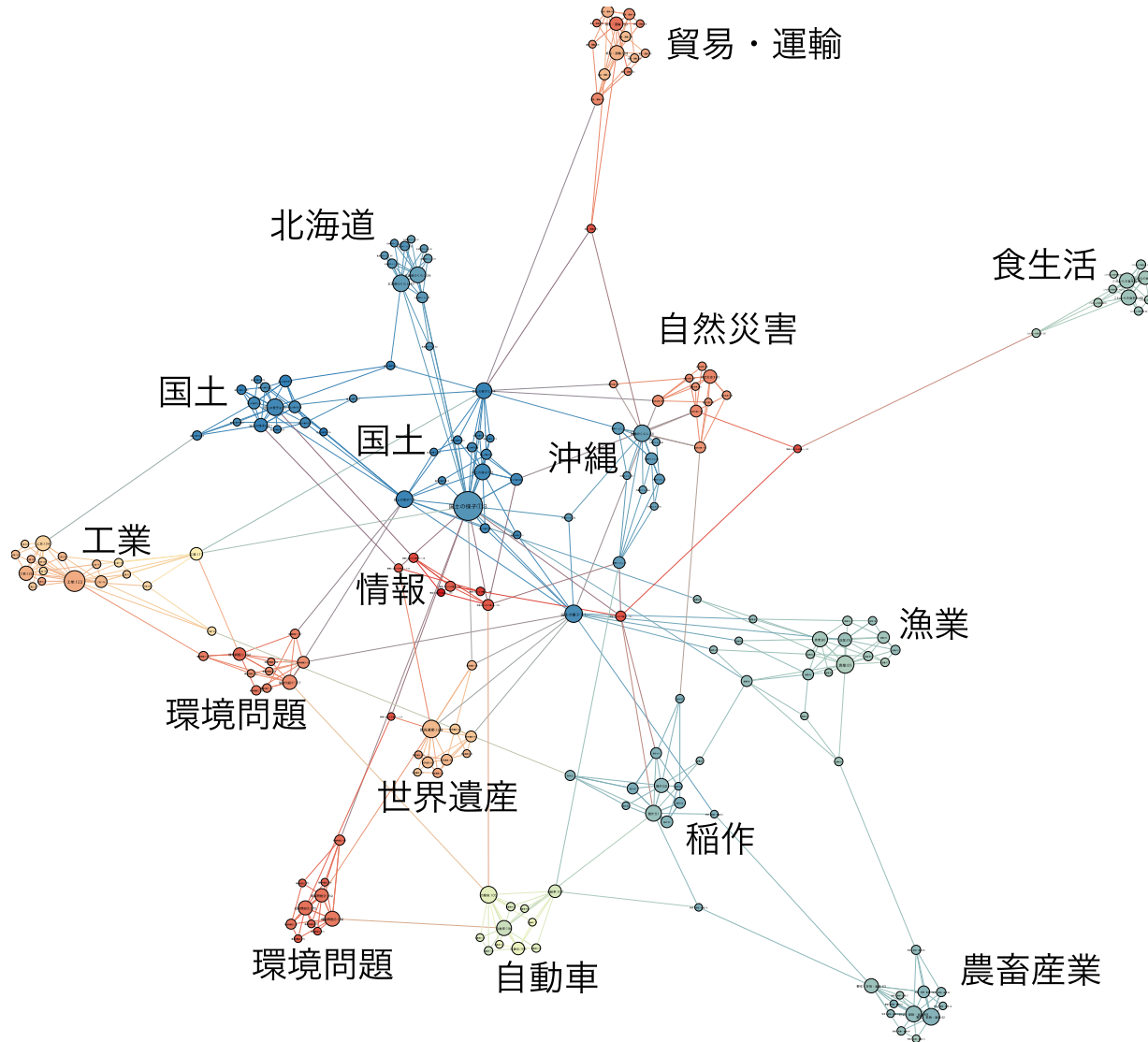
知識間関係行列の算出

- 影響度行列=知識間関係行列を定義

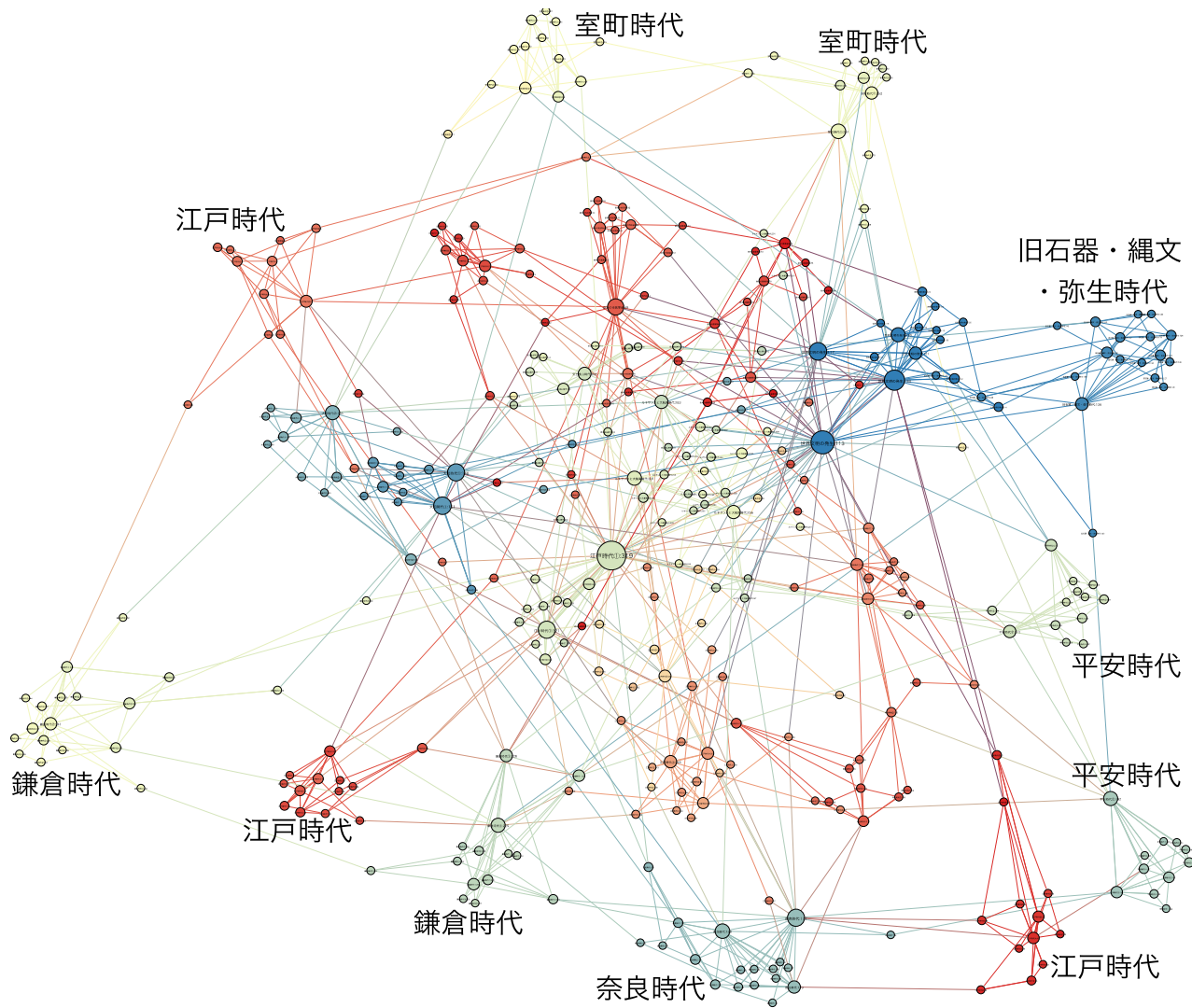
$$J_{ij} = \frac{y(j|i)}{\sum_k y(j|k)}$$

- $y(j|i)$ は、ある学習者が最初に問題 i に正解した場合に、RNNによって割り当てられる次の時刻に問題 j に正解する確率。
- 行列 J は、問題 i で評価される知識が既に獲得されている場合に、問題 j で評価される知識の獲得されやすさを表現している。
- >> 知識獲得における知識構造を表現している。

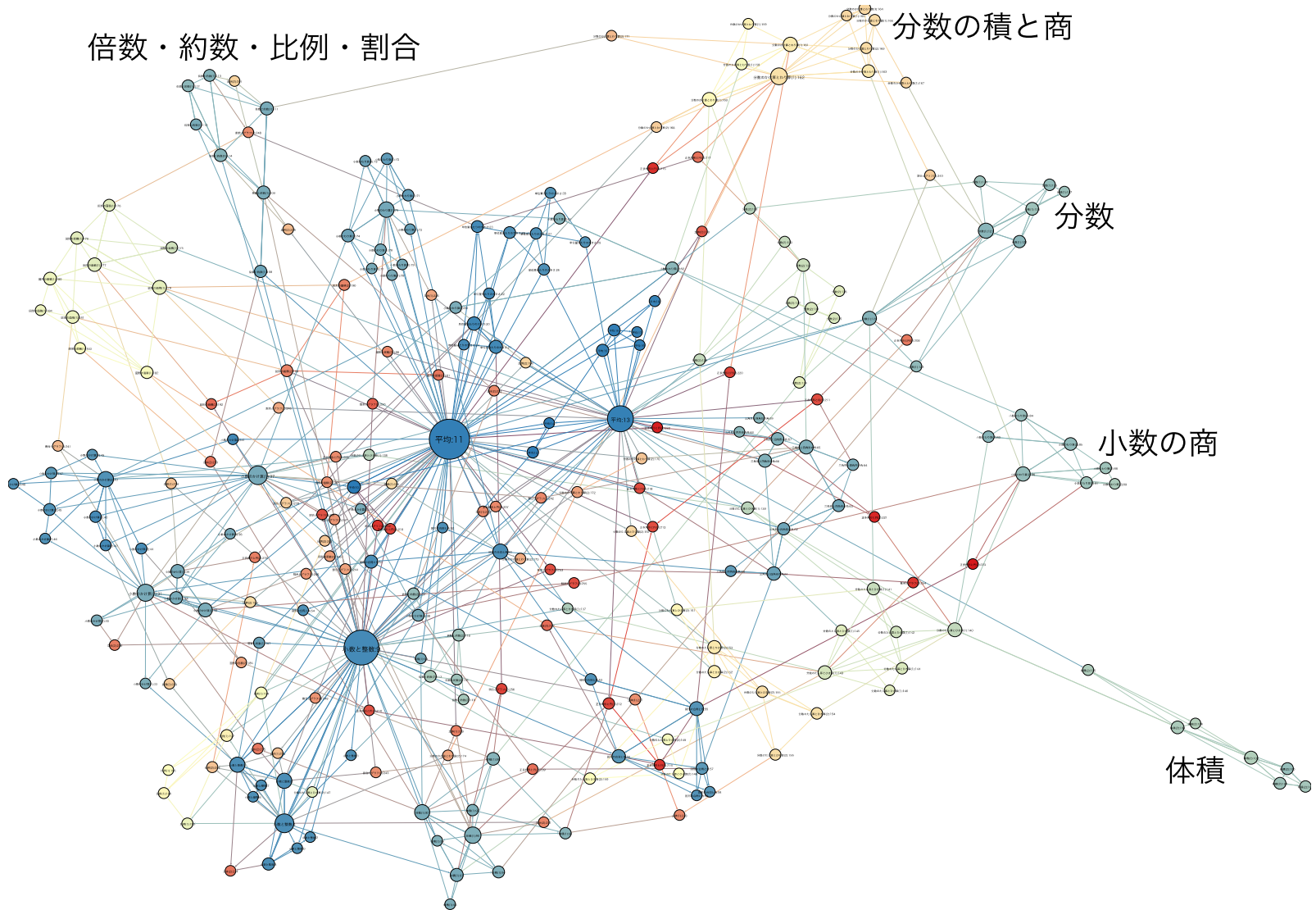
小学5年社会



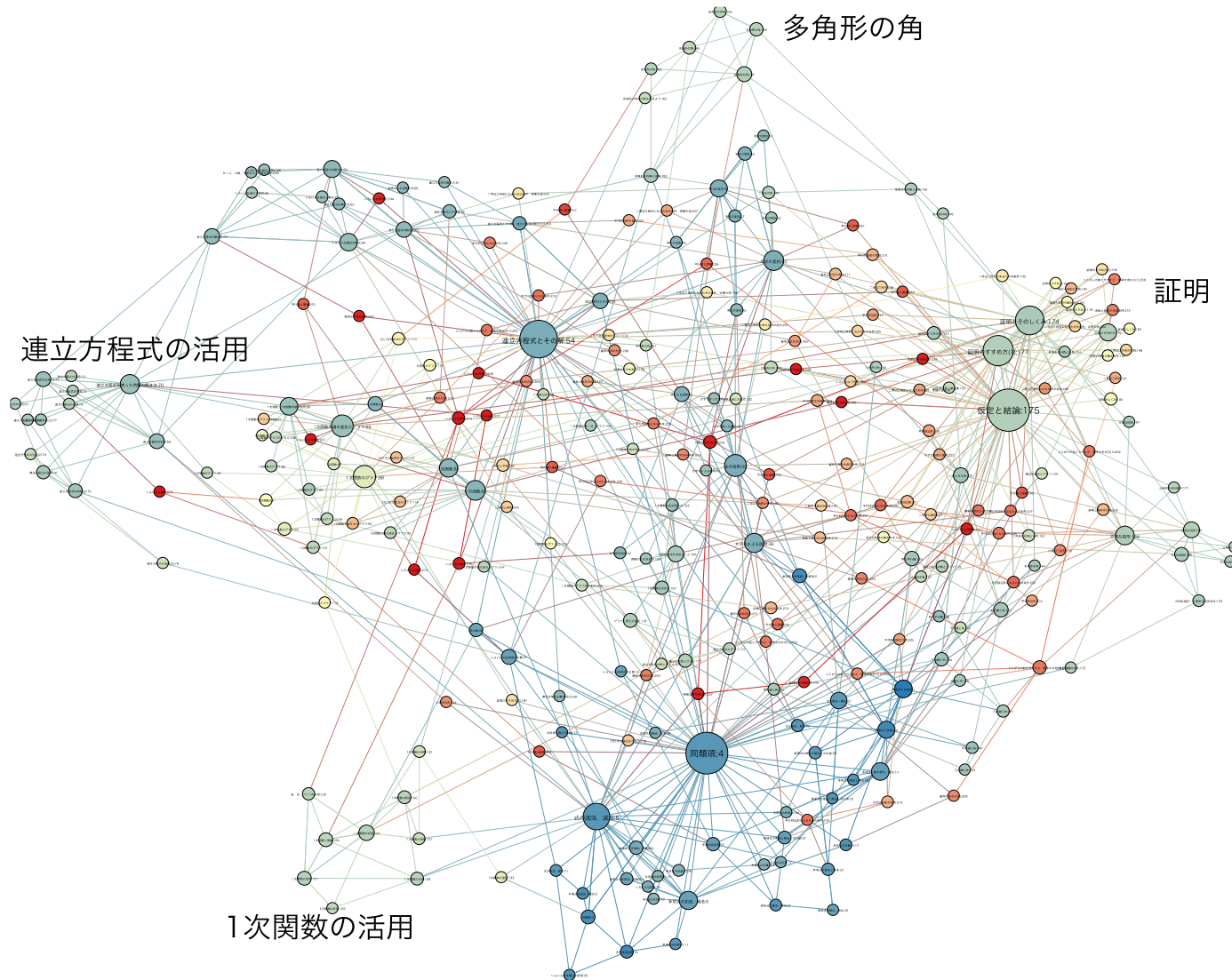
中学歴史



小学5年算数



中学2年数学

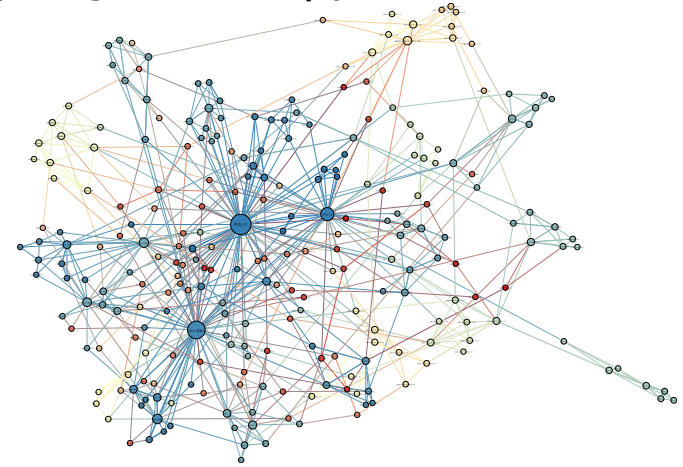


4ネットワークの比較

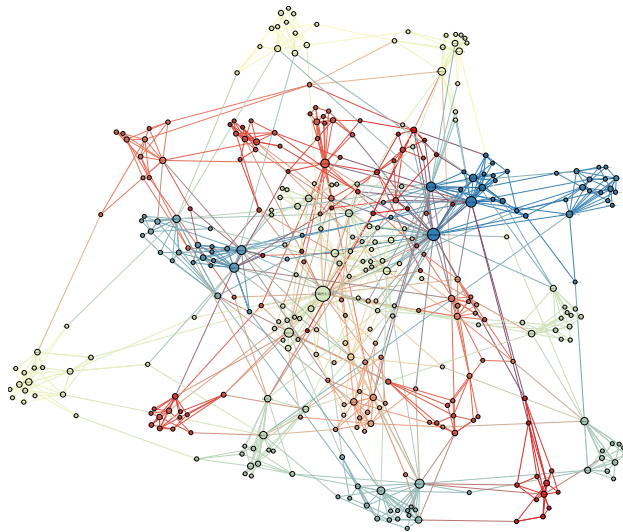
地理/歴史はノード群が分割されており、
算数/数学は多くに影響を与えるノードが目立つ



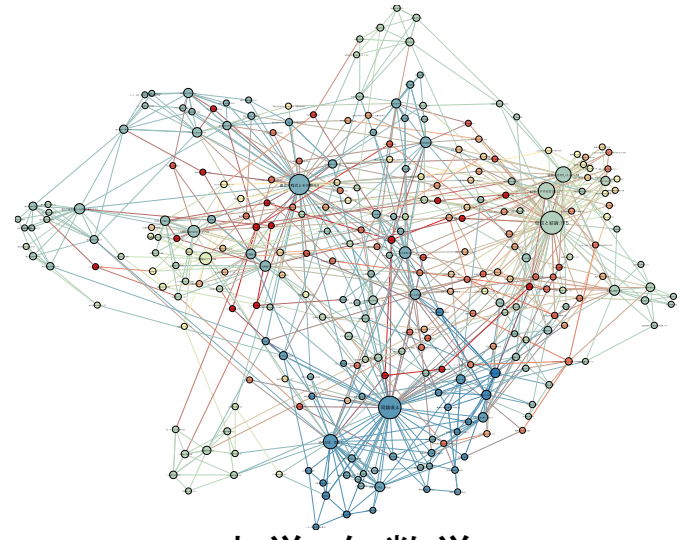
小学5年社会



小学5年算数



中学歴史



中学2年数学

ネットワーク構造の分析

ネットワーク		モジュラリティ		フロー階層		GRC	
分類	学年科目	値	平均	値	平均	値	平均
宣言的知識 の知識間関係 ネットワーク	小学4年社会	0.698	0.759	0.579	0.627	0.787	0.690
	小学5年社会	0.801		0.541		0.679	
	小学6年社会	0.808		0.607		0.613	
	中学地理	0.759		0.633		0.603	
	中学歴史	0.728		0.774		0.768	
手続き的知識 の知識間関係 ネットワーク	小学4年算数	0.660	0.602	0.590	0.756	0.638	0.816
	小学5年算数	0.602		0.757		0.901	
	小学6年算数	0.688		0.705		0.875	
	中学1年数学	0.566		0.805		0.803	
	中学2年数学	0.559		0.830		0.818	
	中学3年数学	0.538		0.847		0.861	

ネットワーク構造指標	p値
モジュラリティ	0.00106
フロー階層	0.0482
GRC	0.0470

- **モジュラリティ:**
 - 手続き的知識のネットワークについては学年が上がるほど、モジュラリティが小さい傾向にあった。
- **フロー階層およびGRC:**
 - 特に、フロー階層では双方のネットワーク群で学年が上がるほどフロー階層は高い傾向にあった。
- **t検定:**
 - 宣言的知識のネットワーク群と手続き的知識のネットワーク群で、いずれの指標においても有意水準0.05で有意な差が認められた。

理系／文系に分かれる理由についての考察

- 手続き型知識(数学や理科)は、モジュラリティが低く、階層性が高い。
 - つまり、一度、分からなくなると、影響が未来に及び、取り返すのが難しい。
- 日本の教育のシステムが、教師と生徒のインタラクションが少ない。
 - 自分がどこが分からないか分からなくなる。
- それが文系、理系とわかれる要因のひとつでは？
- つまり、教育のデータを上手に使うことで、つまづいた後のフォローができる、あるいは追いつかせる仕組みが実現できるのでは。

人工知能が人間を襲うのか？

- 生命と知能は異なる
- 人間＝知能＋生命
 - 知能は、目的を与えられたときの問題解決の力。
 - 生命は、目的を持つ。
 - 自己保存、自己複製、仲間を守るなど。そうしないものは、進化の過程で滅んできたため。
- 人工知能の技術は知能、すなわち問題解決の技術。
 - 人工知能技術が進めば進むほど、「与えられた目的」に対して、それを実現する手段は賢くできるようになる。
- そうすると、与える目的自体の是非の議論のほうがより重要になる。
 - なにが社会で大事なのか？
 - 個人の幸せや社会全体の幸せはどのように考えればいいのか？
 - 異なる価値観のものをどのようにバランスさせればいいのか？
- これまで人文社会学系でされてきたような議論が今後、改めて重要になる。
 - 特に、哲学、政治学、社会学、法学、心理学、経済学など。

重要になる人間の役割

• 対人間のコミュニケーション

価値設定・コミュニケーション能力

- 低付加価値のサービスは機械化・ロボット化
- 高付加価値のサービスは人間が

• 目的の設定・価値判断・責任主体

- なにが大事か。異なる価値観のものをどうバランスさせるのか。
- ニーズを捉える企画や経営

• センサー・創造性

- 「生命」由来の、ものまねではない創造性

• 人工知能・ロボットを使う仕事

- 人工知能・ロボットの開発・運用
- 教える(教師データを与える)、補完する、伝える

- 熟練の技術、知識、スキル

問題解決能力

まとめ

- さらに進んだ「価値設定」の能力とは？
- 直近の産業変化、少し長いスパンでの産業変化、こうしたものについていけるような教育の在り方とは。
- 理系、文系というのは、データに基づく教育の活用で、より融合的になるはず。また、そうあるべき。
- 一方で、長期的には、人間の「生命」としての能力、「知能」としての問題解決能力の両面がやはり重要で、それぞれに対する教育があるべきでは