大学も
変わりつつ
あります…

中京大学
情報科学部
認知科学科

授業風景…

- 東北大学大学院情報科学研究科
- 学術講演会

話の背骨

- 知識は能動的に作り上げられる
- 知識という言葉が misleading なのかもしれないが、入りやすい(学習観をつくりやすい)
- 自分で作っていかなくてはいけない
- 自分で理解し、問題解決しながらつくりあげるもの(右から左に移し替えられない）Bruner古くから

実態

- 説明しても、その場でぱっと理解は出来ない
- (具体と一般)
- 例がないと、単なる一般化は実がない
- 一般化がないと、ばらばらになってしまって後から使えない
- 丁寧な解説を一回して演習、でいつでも使える知識にはならない

- Case-based reasoning (learning)
- Example-based learning
- Project based learning
- Problem-based learning

- Collaborative learning

学習科学と持続する社会

中京大学
三宅なほみ

学習科学

- 学習理論
  - 人はいかに学ぶかを明らかにする
- 学習支援
  - 人がうまく学べるための工夫を実践的に確かめる

SORST
SCCS, Chukyo University

背景に認知科学(1)

- Bruner,J.　1960's
  - 知識とは、たくわえではない。科学や数学において「学ぶ」ことの大半は、すでに「知って」いるものだ。多くの場合「学習」は、現在考えていることを越えて進むために、すでに知っていることをいかに使うか、その方法を見つけ出すことである。

SORST
SCCS, Chukyo University

背景に認知科学(2)

- ～1980
  - 問題解決や記憶に「構造化された知識」が大きな影響を持つことが繰り返し確認される
- ～1990
  - 教室で記憶理論や問題解決方略の支援が可能か実践的に確かめられる
  - 状況依存的認知 vs. メタ認知による制御
- ～2000
  - 大型実践プロジェクト（中･高理数中心）の成果報告・・・スケール問題

うまくいく学び：得意になるまで

- 一定以上の時間をかける
- 強い動機付けを持つ
- 積極的に情報を収集して、覚える
- 教えあったり、議論したりする仲間がいる
- さまざまなレベルの先輩がいる
- 試行錯誤を繰り返して自分の知識を作る
- 学んだ成果が次の学びに結びつく
- 対象は限定されている

学習の目的

- Portability
  - 学校の外に持ち出せる
- Dependability
  - 必要なとき、必要な場所で使える
- Sustainability
  - 一生学び続けるための基礎力をつける
  - 科学を日常化する(Dinner table science)

学習の方法

- Portability
  - 複数解を多視点からみて一般化、抽象化
- Dependability
  - 十分使いこなせるところまで時間をかける
- Sustainability
  - 学習の仕方、メタ認知、自己学習管理能力
  - 「学習し続けるもの」のコミュニティを形成する

SORST
SCCS, Chukyo University

学習方略の基本形

- 繰返し、時間をかけて自分で知識を作る
- 社会の中で、他人と協調的に学ぶ

SORST
SCCS, Chukyo University

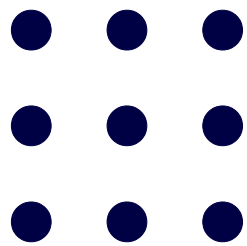
協調作業の典型例？！

- 「分数が解けない大学生」問題
- OECD PISA 国際比較問題

大学生が、３から５人のグループで
解くと、そのうち解ける・・・

二人で解くとうまくいく？

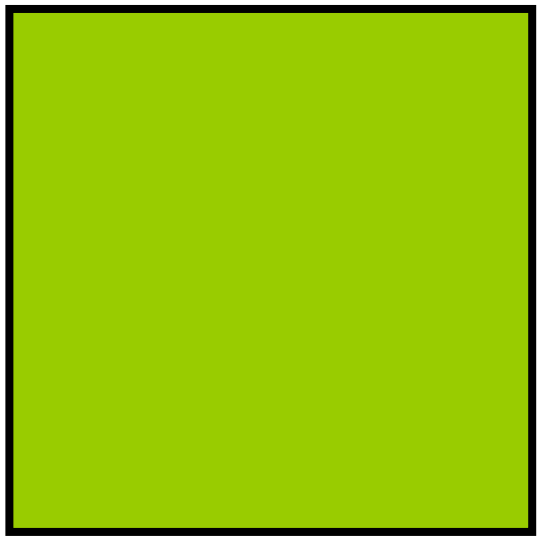
- いつでも二人寄れば一人よりうまくいく、というわけではない
  - 水がめ問題　　９Lと４Lから６Lを汲め
  - ９点問題　　９点を4本の直線の一筆書きで通過せよ



課題

3/4 × 2/3 = 1/2

「折り紙の４分の３の３分の２に
斜線を引いてください．」

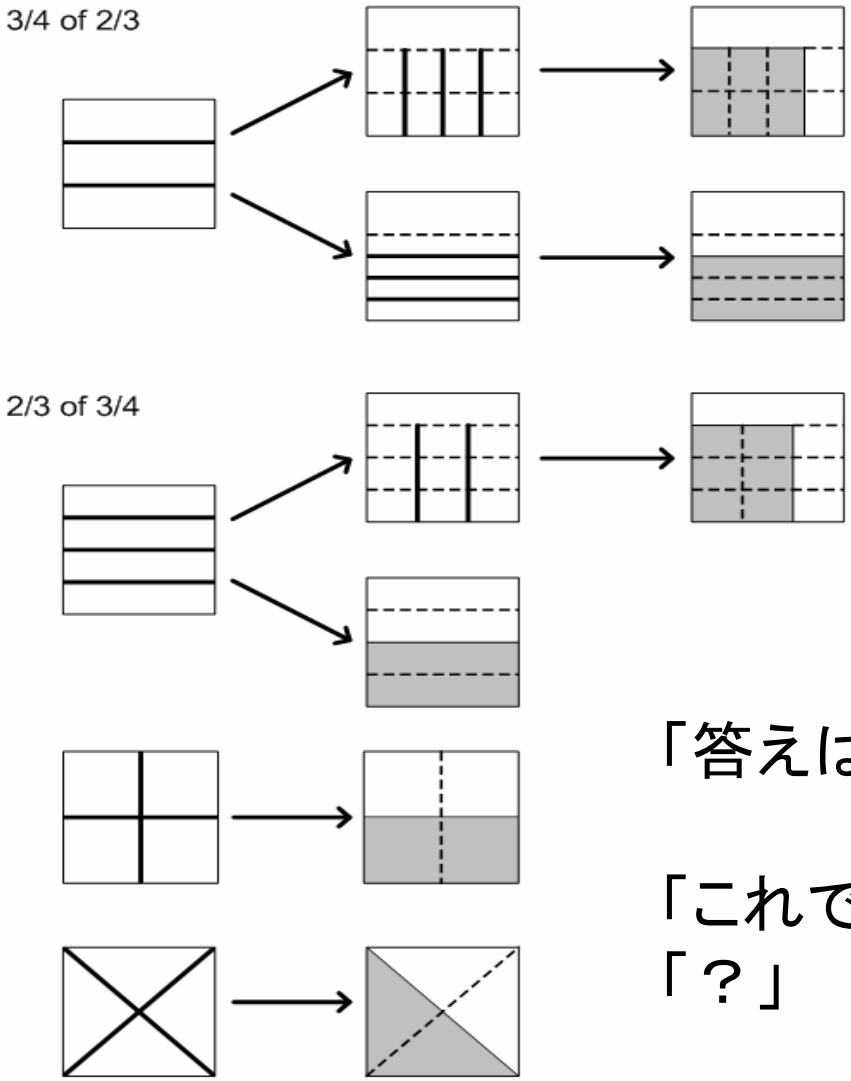


たいていの人は計算せずに
折ったり目盛をつけたりして
答えを出す

軌跡が残る　→　吟味の対象

Schematic Solution Steps

Non-Arithmetic Strategies



「答えはどうなりましたか？」

「これです」
「？」

続けて解いたら？

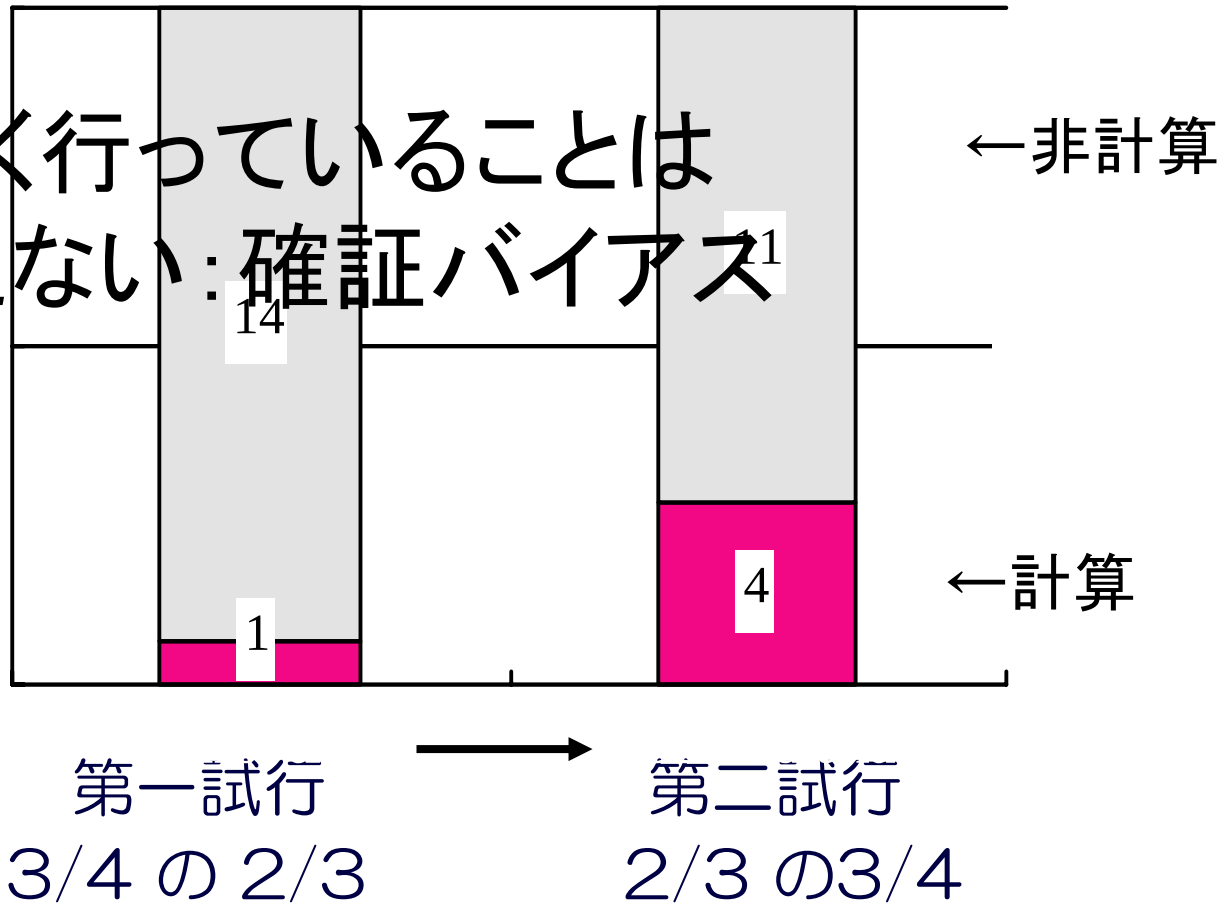
第一試行:　　3/4 の2/3

↓

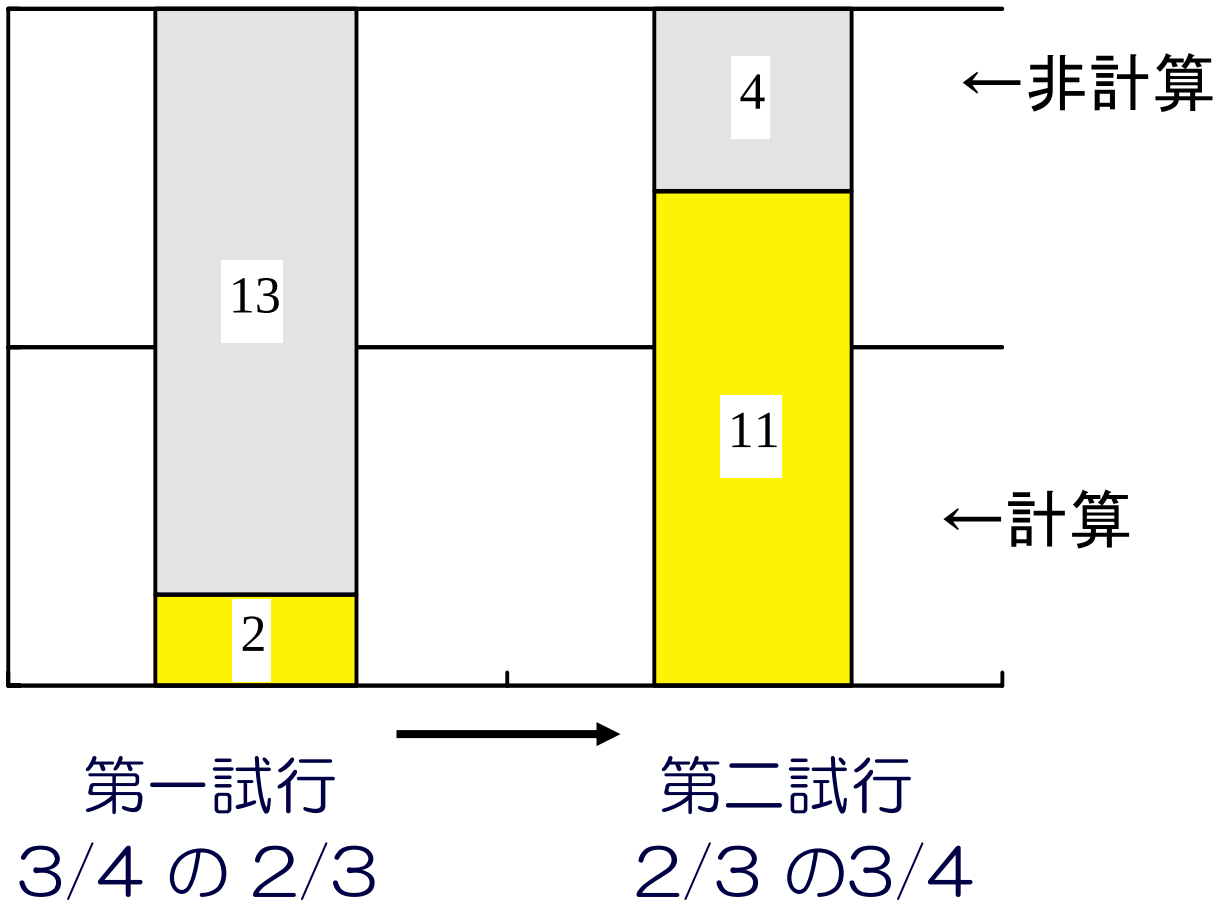
第二試行：　　2/3 の3/4

被験者が一人のとき

うまく行っていることは
変えない：確証バイアス



二人ペアだと



SORST
SCCS, Chukyo University

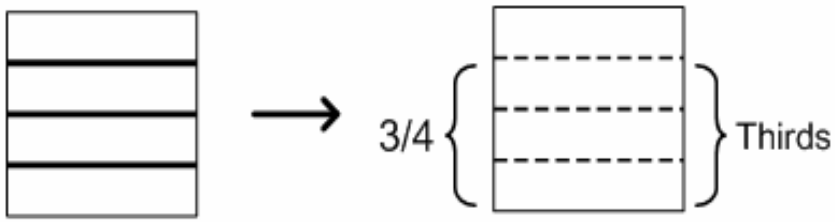
ペアで何が起きているのか

4等分して

SORST
SCCS, Chukyo University

ペアで何が起きているのか

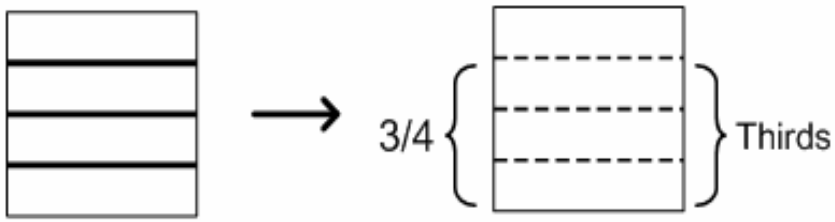
4等分して　　4分の３の部分を
3等分して



SORST
SCCS, Chukyo University

ペアで何が起きているのか

4等分して　　4分の３の部分を
3等分して



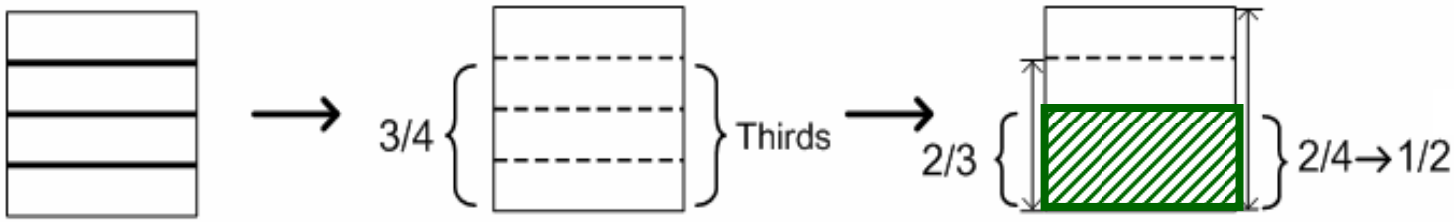
3等分ならもう
できているから

SORST
SCCS, Chukyo University

ペアで何が起きているのか

4等分して

4分の３の部分を
3等分して



3等分ならもう
できているから

その3分の２を
取って

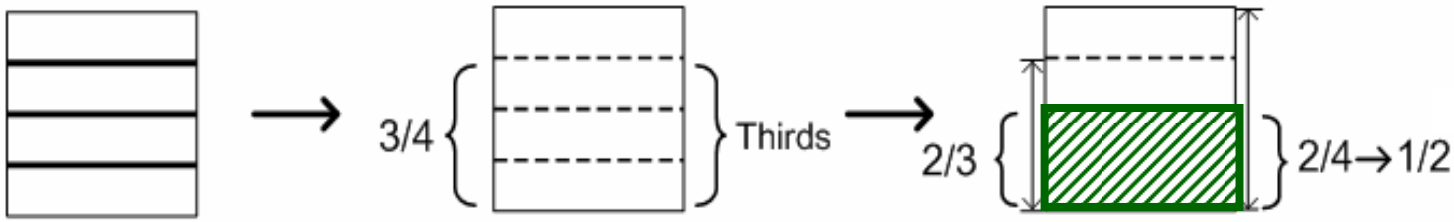
SORST
SCCS, Chukyo University

ペアで何が起きているのか

4等分して

4分の３の部分を
3等分して

ということは
全体の4分の２？
なら2分の１？？



3等分ならもう
できているから

その3分の２を
取って

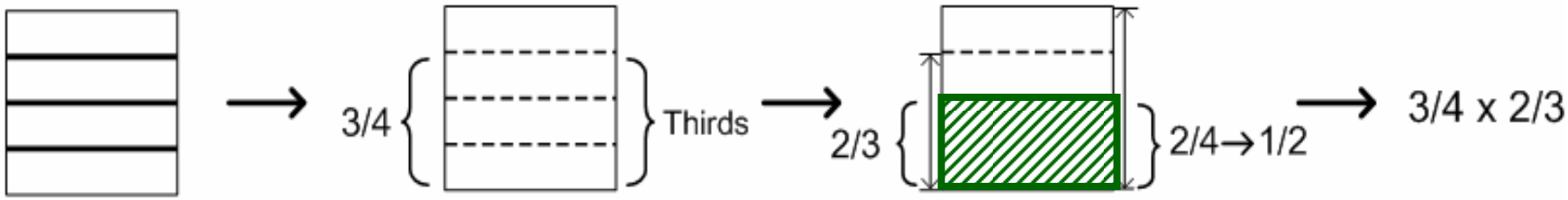
SORST
SCCS, Chukyo University

ペアで何が起きているのか

4等分して

4分の３の部分を
3等分して

ということは
全体の4分の２？
なら2分の１？？



3等分ならもう
できているから

その3分の２を
取って

計算しても
よかった？

建設的相互作用

- 二人で考えたり、問題を解いたりすると、一人一人が互いに相手の解を「少しだけ一般化可能な形で見直す」ことによって自分のアイディアを作り直し、その繰り返しによってより深い理解（後で新しい問題に応用可能な理解）が生み出される

(Miyake, 1986, *Cognitive Science*, *10(2),* 151-177*)*
(Shirouzu, Miyake, & Masukawa, 2002
Cognitive Science, *26 (4*), 469-501)

- この過程をもっと人数の多い状況で作り出し、一人一人の学習促進に役立てる

SORST
SCCS, Chukyo University

持続的な理解の促進

- 一人一人のアイディアを外化する
  - e.g. 同じ問題の多様な解き方を集める
- 集めた解を相互に比較対照、吟味する
  - パタンが見つかる

    ← こちらは比較的簡単
  - パタンの意味を了解する

    ← こちらはとても難しい

SORST
SCCS, Chukyo University

多様解を集めパタンを見せる

- 大数の法則

SORST
SCCS, Chukyo University

紙テープ：10cmを100本切る

個人データ　1

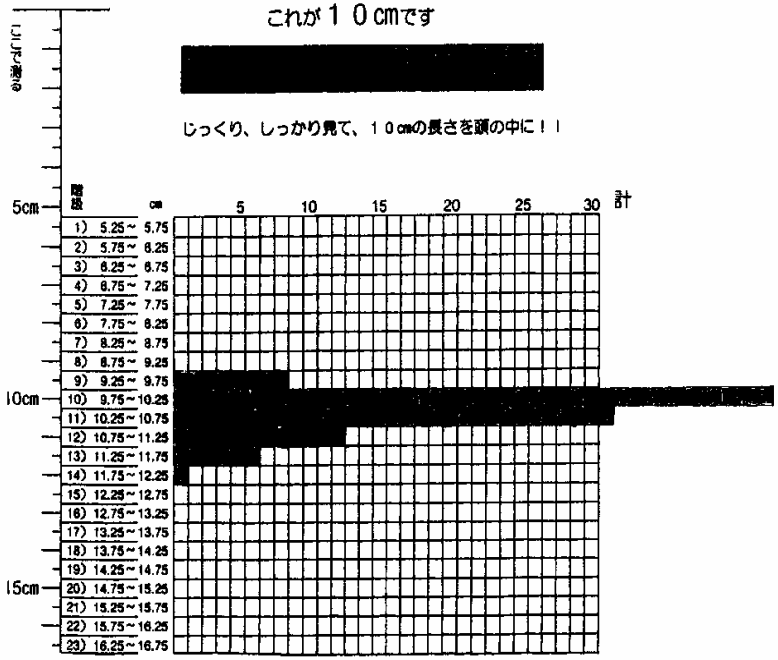


図1a　散らばりの小さいデータ

個人データ　2

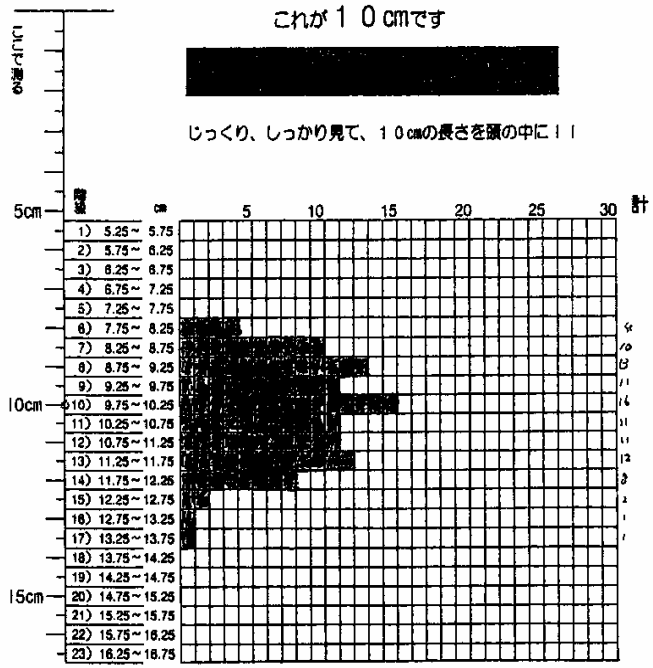


図1b　散らばりの大きいデータ

SORST
SCCS, Chukyo University

100本をたくさん集めると

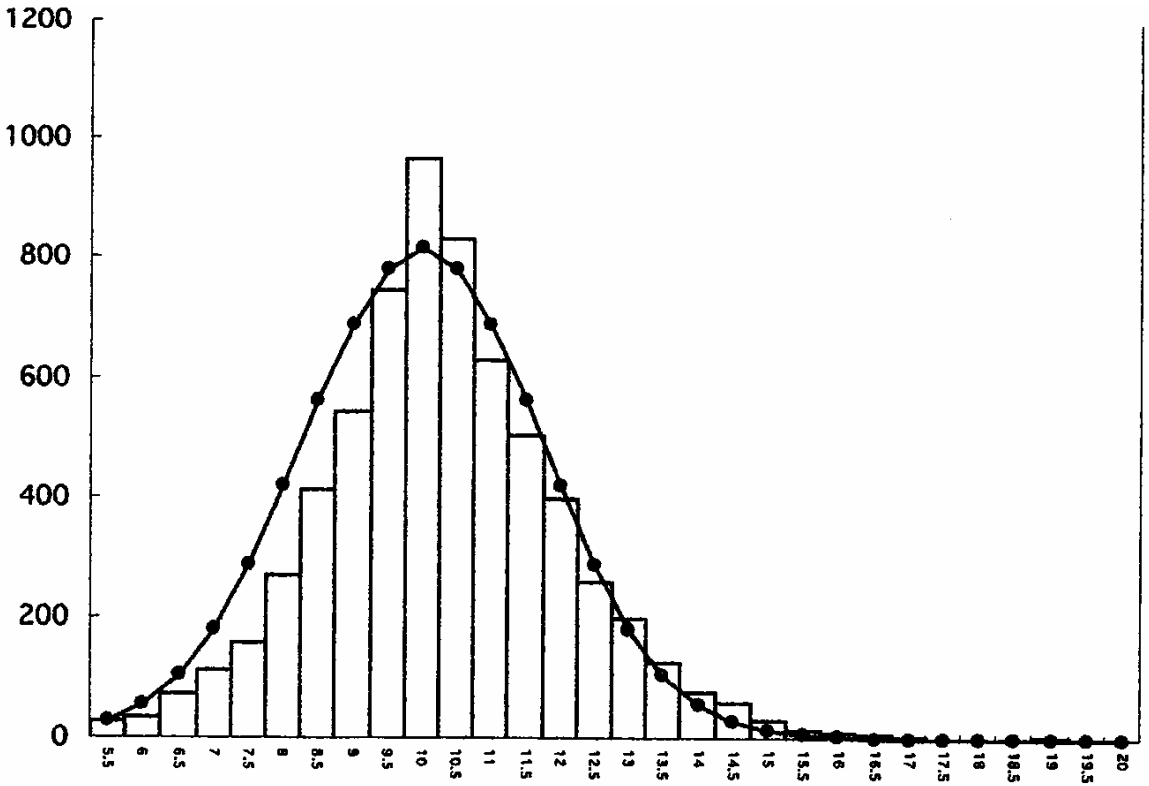


図 2　10 cm テープ 6517 本のデータ（縦軸：本数，横軸：長さ）

SORST
SCCS, Chuo University

正規分布として了解？

- 「集めるときれいな山形分布になる」ことは了解される
- ここから正規分布の性質を了解するためには長い時間がかかる
  - そのための相互吟味を促進する必要がある

- さまざまな山形分布の吟味、正規分布の性質についての議論などを通すと了解が得られる

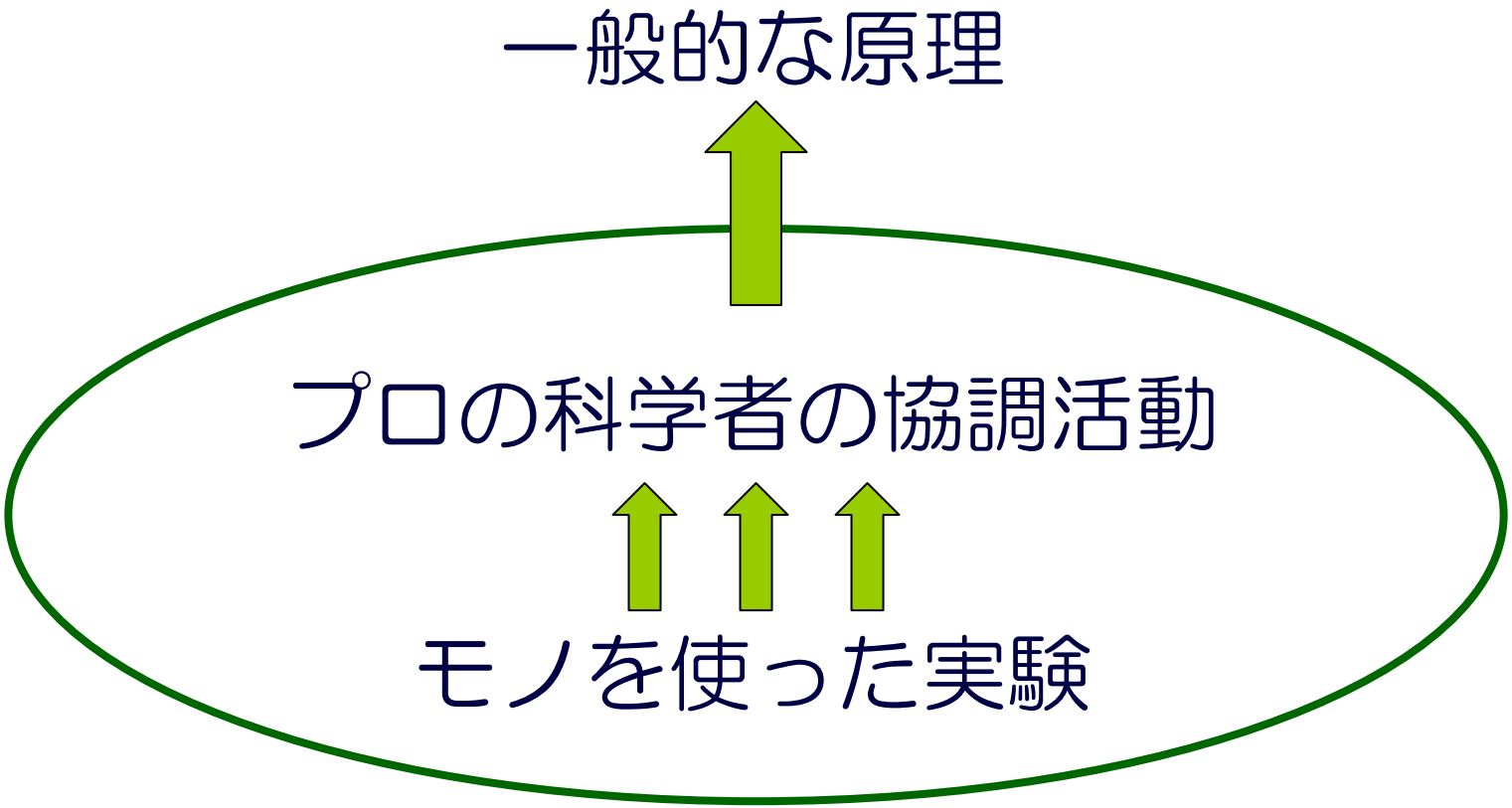
SORST
SCCS, Chukyo University

「意味を了解する」学習

- 大学生に
  - 「単に公式を覚える」のと、具体的な問題をいくつか解いて解き方を納得するのとではどんな違いがあるでしょう？

  - *学生：「具体的な問題で解く」って？？？*
  - *私：時速の計算なんかが出てくる問題で、具体的に、時速60kmの車が3時間走ったら、とかあるじゃない？*
  - *学生：あ、は-じ-き　だ*

一例紹介：LearningByDesign



走る車を作る

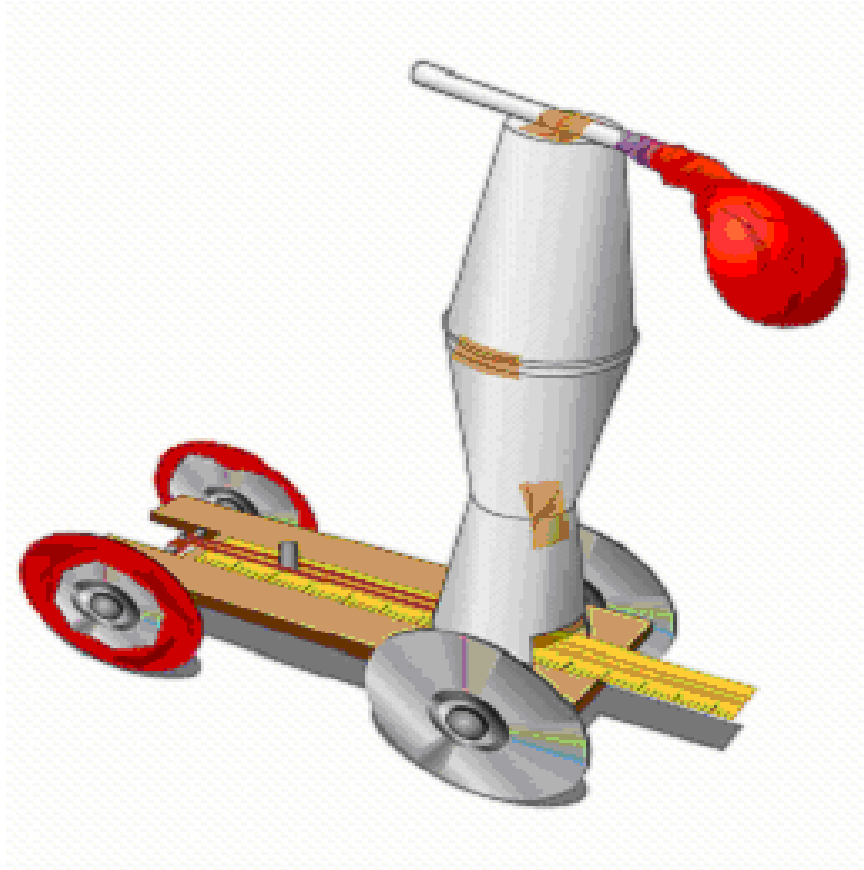
- コースター･カー　：車体、構成
- バルーン・カー　：動力
  - ラバーバンド・カー
- 最終課題　：車体と動力の統合

バルーン･カー課題

「風船がしぼむ力だけで
平面をできるだけ遠くまで走る車を作れ」

１）課題を理解する
２）実験で風船の力を調べる
３）走る車をデザインする

バルーン・カー



LBD Parking Lot
Parking in Assigned Places Only.
Improperly Parked Vehicles Will Be Impounded.
Impounded Vehicles Will Be Released After Fines Are Paid.
1000 Hours at No Cost!
Today!
PLATINUM
PREMIER

協調的な理解深化が起きるのは

- 相手のやっていることが見えるとき
- いろいろ試せるとき

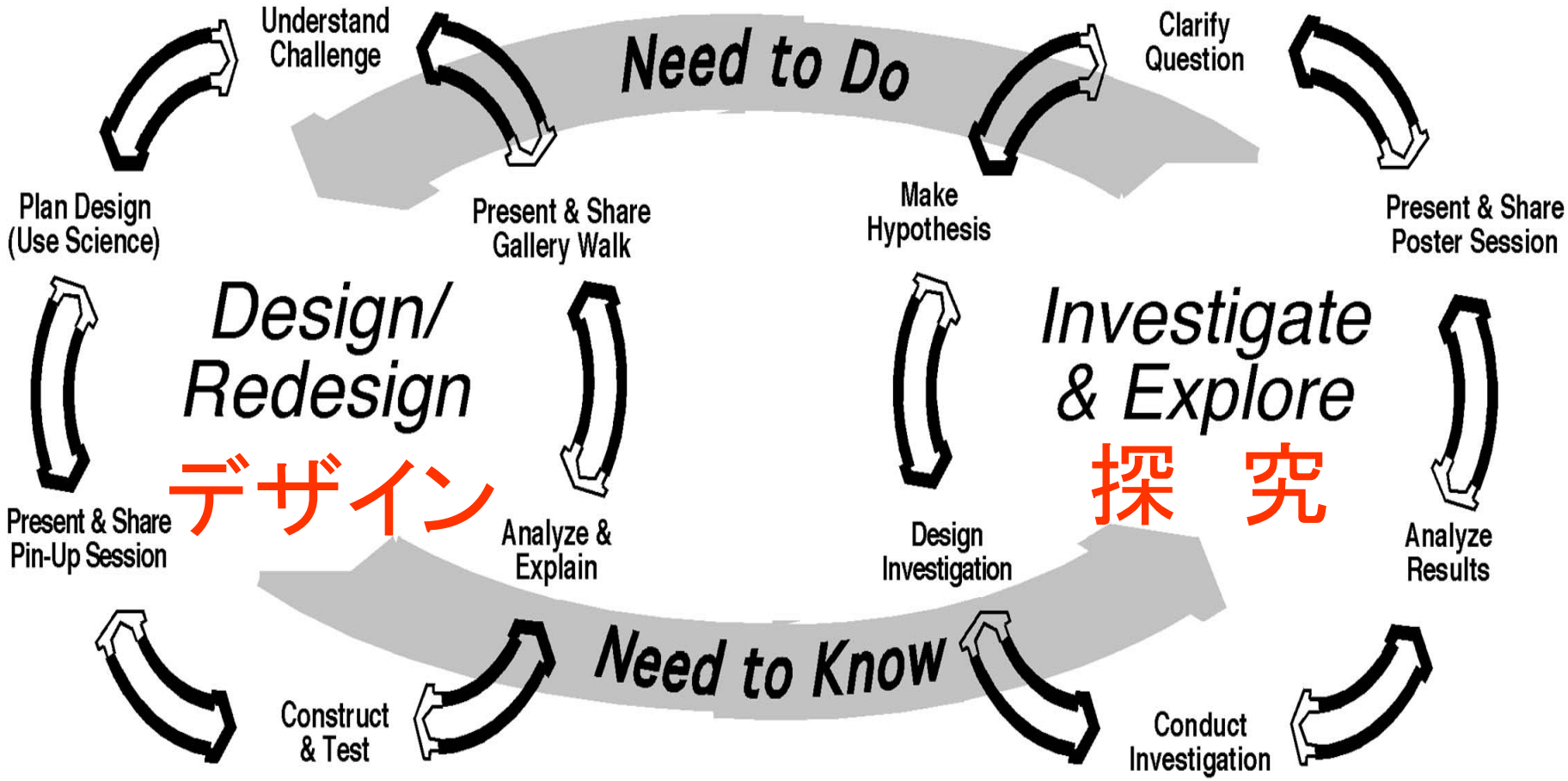
↓

発表、話し合いを繰り返す

工夫についての実験結果

計画

途中の作品


Need to Do
Understand Challenge
Present & Share Gallery Walk
Make Hypothesis
Clarify Question
Present & Share Poster Session
Plan Design (Use Science)
Design/ Redesign
デザイン
Analyze & Explain
Design Investigation
Investigate & Explore
探　究
Analyze Results
Present & Share Pin-Up Session
Need to Know
Construct & Test
Conduct Investigation

遠くまで行くバルーン・カーをデザインするには、
ストローを１本より2本にするとよい。
なぜなら、空気がバッと出て
力がたくさん車にかかるから。

遠くまで行くバルーン・カーをデザインするには、
ストローを１本より2本にするとよい。
なぜなら、一気に空気を吹き出して
車の動力を強くすると、
加速度をつけられるから。
バルーン・カーは風船がしぼんでからも
長い距離を走るので、
加速度をつければ
速く走っている時に滑走に入れるから。

作用反作用の法則：

風船から出る空気の力は

車の動力に当たる

運動の法則：

車の動力が「重さ×加速度」に当たる

風船が空気を押し出す力を上げると、

＜この＞加速度が上がる！

SORST
SCCS, Chukyo University

観察された初期の実践の欠点

- 生徒は最初からうまく協調できるとは限らない
- グループ活動が遊びや競争になってしまって科学の学習に結びつかない
- 教員がデザインの難しいところを手助けしてしまいすぎる
- 教員が協調活動をどう支援したらいいのかわからない

協調的な学習方法を学ぶための

打ち上げ（Launcher）ユニット

SORST
SCCS, Chukyo University

ブック･サポート課題

- ３×５インチのインデックス･カードと輪ゴムとクリップを使って、本を机上から４インチ以上持ち上げるブック･サポートを作れ

- ギャラリー･ウォーク
- 教員：「もう一度やる？」
- 生徒：「先生、真似されました」
- クレジットを出そう！

ブック・サポート課題から学べること

- 科学は協調作業である
- 人から学んでよい
- 人の考えを利用する時には
  考えの「出所」を明示して感謝する
- 「出所」になるのはいいことである

SORST
SCCS, Chukyo University

他にも強力なプロジェクト…

- NSF Learning Science Center助成

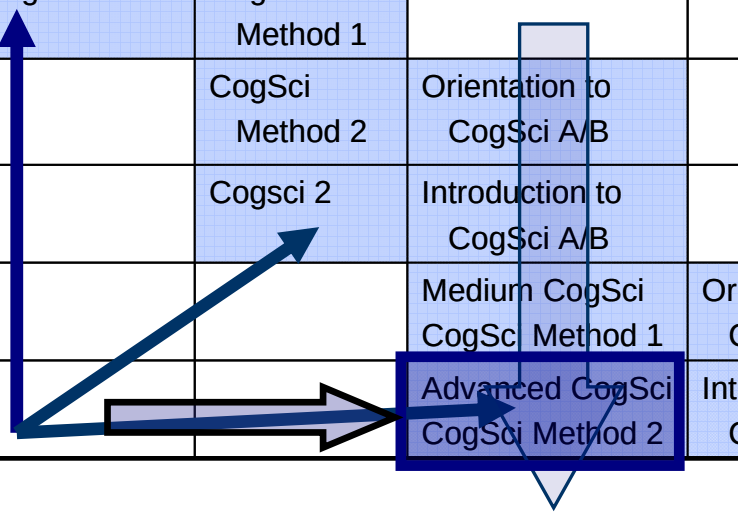
大学での実践

- 協調過程を利用して、学生が自身で知識を作り上げる
- 「他の人に自分の意見を言うことが、自分の得になるだけでなく、他の人のリソースにもなる」ことを理解し、協調的に学習するスキルを身につける

- 対象は「認知科学」

研究対象授業

	Admitted in 2001	Admitted in 2002	Admitted in 2003	Admitted in 2004
Spring 2001	Orientation to CogSci			
Fall 2001	CogSci Method 1			
Spring 2002	CogSci Method 2	Orientation to CogSci		
Fall 2002	CogSci 2	CogSci Method 1		
Spring 2003		CogSci Method 2	Orientation to CogSci A/B	
Fall 2003		Cogsci 2	Introduction to CogSci A/B	
Spring 2004			Medium CogSci CogSc Method 1	Orientation to CogSci A/B
Fall 2004			Advanced CogSci CogSci Method 2	Introduction to CogSci A/B



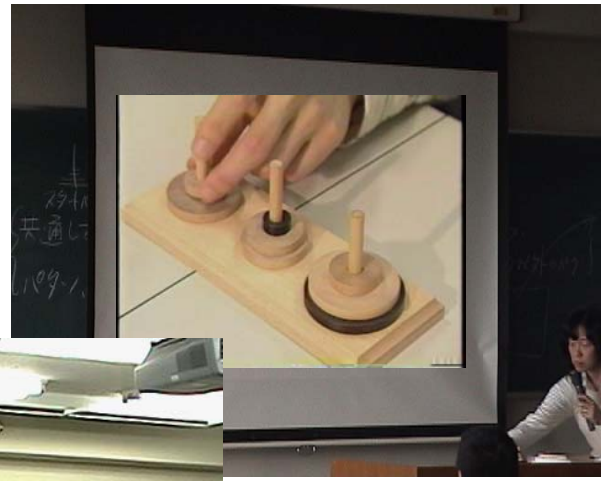
一年春

SORST
SCCS, Chukyo University

自分たちの認知過程を振り返り経験則を見つける

教材

支援ツール



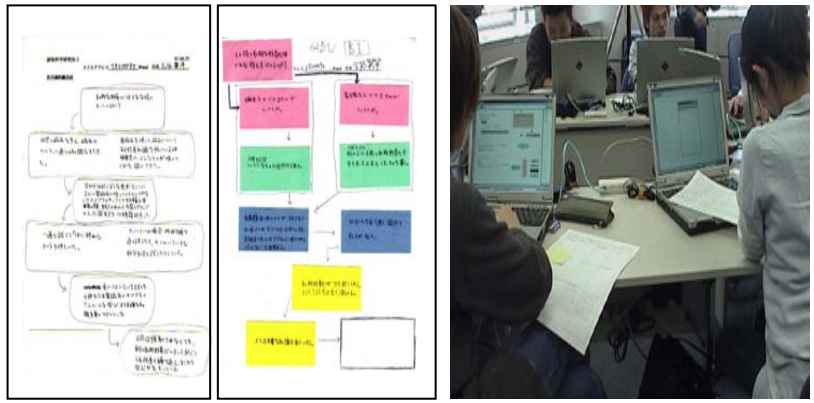
学習の形

一年秋から二年春

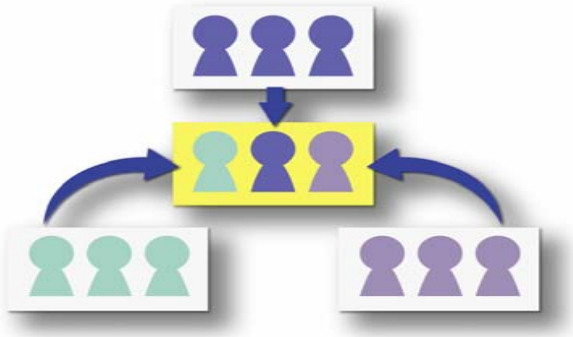
経験則を入門用の専門基礎知識資料と関連付ける

教材

支援ツール



協調学習の形



ジグソー法

SORST
SCCS, Chukyo University

2年秋：24資料のジグソー

専門資料を分担し、相互に教え合って理解の幅を広げる

言語・概念獲得、生得性
認知プロセス、知識処理
認知的バイアス、社会的相互作用、日常的認知

科学的発見と確証バイアス
知識が豊富にあることの功罪
状況・課題理解と問題解決
推移率理解と文化差
感情システムの進化論的説明
ハトの日常適応知識の脳内分散
社会的認知：認知的不協和
社会的認知：同調とステレオタイプ

資料例

認知科学上級資料　2004　資料番号 04_106　1/2

子どもたちの中の心理学的な本質主義

なぜ小さい子どもたちは、「お母さんは絶対消防士にはなれないんだ」と主張するのだろうか？また、子どものとき肉親から引き離された人たちが、大人になってからなんとかして自分の親を探そうとするのはなぜか？さらには、熱心な美術収集家が画家のオリジナルに望外な値段をはらうのはなぜなのだろう？これらはまったく異なった文脈で起きるばらばらな事柄にも見えるが、どれも「心理学的本質主義」という考え方の枠組みで理解することができる。

心理学的な本質主義とは、特定のカテゴリー（例えば「ライオン」、「女性」など）が、その根底に、直接は観察することができない本質を持つという考えである。その本質は外から見ることはできないが、そのものがあるカテゴリに属するメンバーであることを保証する。生物学の領域で言えば、本質とは、ある生き物が成長したり、子どもを生んだり、（オタマジャクシがカエルになるなどのように）変態したりしても、その生き物の中に存在し続ける「質」である。化学の領域で言えば、水が固体でも気体でも液体でも「水」であるように、ある物質が、形や大きさや状態を変えても残り、そのものがそのものであることを保証する「質」である。

この考えは、どこから来るのだろうか？最近の研究では、心理学的な本質主義は成長の早い時期から見られる認知的バイアスであること提案されている。これらの研究によれば、年少の子どもは、単語を学ぶとき、新しいカテゴリメンバーにそのカテゴリについて持っていた知識を一般化して当てはめるとき、ものの内側に何があってどんな働きをしているのかについて推測するとき、学習して身につけられることがらに対して生まれつき持っている性質がどんな影響をもたらすかを考えるとき、さらにはものごとの因果関係を説明するときなどさまざまな場面で、直接は見ることができないものの本質をつかんでいることがわかる。これらの結果からは、子どもたちが幼いときから、隠れた、目に見えない特徴を探そうとする傾向を持っているのだと考えることができる。

本質主義はどこに現れてくるか

子どもにせよ大人にせよ人が本質主義的なものの考え方をするという証拠はどこにあるのだろうか？Medin と Ortony は、本質主義は「場所取り」だと考えればよいという。本質がなんであるかはわからないうちから、場所だけは確保しておくかのように、あるカテゴリがある本質を示す、と決めてかかるのである。例として、子どもたちはよく、男と女の間には決定的な違いがあると信じているが、実際それがどのような違いなのかについてはまったく何のアイディアもない、ということがある。しかし、ものごとにそういった本質があると考えることによって、さまざまな推論をおこなうことができ、またそれらがどういう構造をもっているかを知ることができる。

たとえば、あいまいなカテゴリのメンバーを決定する時、子どもと大人がどのような手続きを使うかをテストするために、次のような実験を行った。5歳児と大学生に、図のような、ほとんど同じに見える２つのもののペアを示し、これらのアイテムはいくつかの点で違う、と告げた（例えば「一匹は犬で一匹はオオカミである」もしくは「一匹は動物でもう一匹はおもちゃである」など）そして、どちらのアイテムがどちらであるかを決めるように教示した。それから、ア

図：実験に使用したサンプルアイテム

認知科学上級資料　2004　資料番号 04_106　2/2

イテムの内部、起源や出身、行動、年を調べることは、答えをチェックするのに有効であるかどうかをたずねた。

その結果、子どもも大人も、そのアイテムは外から見える行動だけではなく、内部の性質や起源によっても特徴付けることができると信じていたことが示された。5歳児も大人も、同じように、起源や内部を調べることは２つの同じに見える動物のうち、どちらが犬でどちらがオオカミであるかを決める重要な手がかりとなると答えたが、彼らがではオオカミと犬とで内臓がどう違うのかを知っていたとは考えられない。彼らはいずれも、本質的に何かが見えないところで違う、ということだけを信じていたと思われる。

ことばと本質主義

本質が外からは観察できないものだとすると、人は何によってその本質をつかんだり、人に伝えたりしようとするのだろう？ものの本質について判断したり伝えたりするとき、ことばが重要な役割を果たす。

あるカテゴリのメンバーを表現するのに使用することばが、子どもたちのそのカテゴリについての判断に影響する。数えることのできる名詞は、形容詞句や動詞句よりも、あるカテゴリが時間を越えて安定しており、一貫性があることを意味する。例えば、ある研究では、5~7歳の子どもたちに対して、数えられる名詞句を用いた説明（「ローズは8歳です。ローズはたくさんにんじんを食べます。彼女は『にんじん食べ屋さん』です。」）か、もしくは動詞句を用いた説明（「ローズは8歳です。ローズはたくさんにんじんを食べます。彼女はできるときはいつでもにんじんを食べます。」）を聞かせた。その後、その子どもたちに、「ローズは大人になってもたくさんにんじんを食べるでしょうか」「もし彼女の家族がにんじんを食べるのをやめさせようとしたら、彼女は食べるのをやめるでしょうか」などの質問をして、このカテゴリメンバーが時間や環境の変化を越えてどのくらい安定していると思うかを調査した。結果、数えられる名詞を使った説明（『にんじん食べ屋さん』）を聞いた子どもたちは、動詞句による説明（「そうできるときはいつでもにんじんを食べます」）を聞いた子どもたちよりも、個人の特性が時間や環境を越えて安定しているだろうと判断することが見出された。

一般的な名詞句、は本質を表現する表現の仕方であり、あるカテゴリが一貫していて、さまざまなことについて推論が可能であることを意味する。4歳児に新しいことがらを一般的な言い方を用いて説明する（例えば「熊の毛皮には３つの層があります」など）、彼らはこの表現をカテゴリメンバーのほとんどもしくは全てにあてまる典型的な事実だとして扱う。一般的な名詞は子どもたちが聞くお話の中にたくさん含まれており、子どもたちはこのような一般性を表す手がかりに非常に敏感であることがわかってきた。

最近では、言語には言語特有の本質主義を伝える仕組みが備わっていることがわかってきた。例えば、スペイン語を話す年少の子どもたちは、存在を表現する動詞のどの形が使われるかによって、カテゴリの安定性を判断していると考えられる証拠が見つかっている。あるものが「存在する（ある）」と断定するのと、「存在する（ある）かもしれない」と表現するのとでは、そのものの安定性についての判断が異なる。ことばが心理学的な本質主義の源であるとは言えないだろうが、言語は、子どもたちがいつカテゴリを安定したものとして扱うかに関わる重要な手がかりを提供していると考えられる。

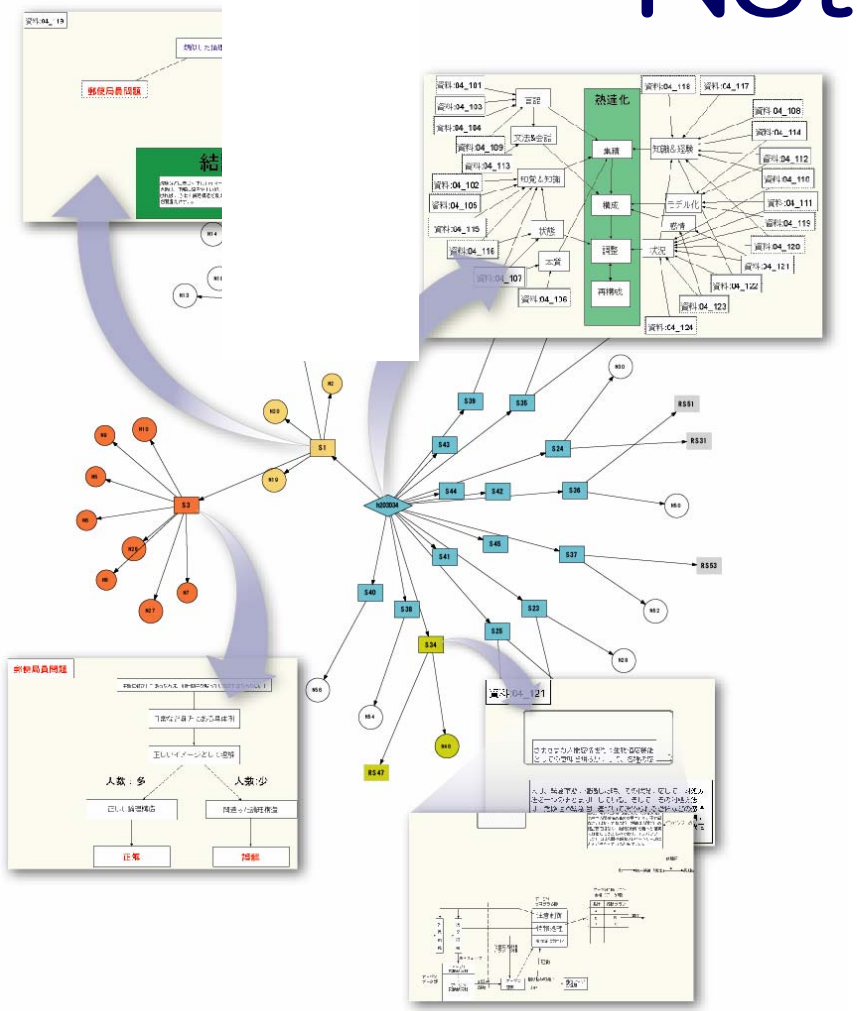
出典：Gelman, S.A (2004) Psychological essentialism in children. *TICS 8* pp.404-409.

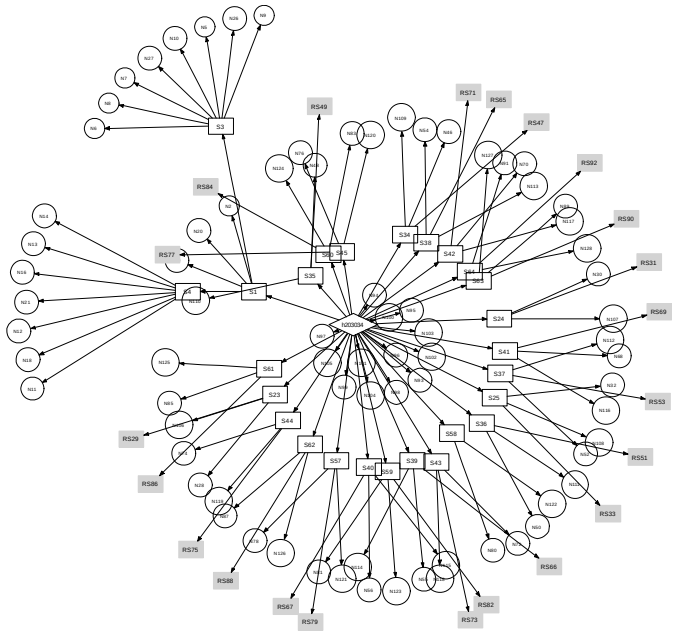
SORST
SCCS, Chukyo University

24資料について, n^{i+1} 担当者は

1 x 1	n^{i+1} and n^{i+2}
2 x 2	$n^{i+1} + n^{i+2}$ and $n^{i+3} + n^{i+4}$
4 x 4	$n^{i+1} + n^{i+2} + n^{i+3} + n^{i+4}$ and $n^{i+5} + n^{i+6} + n^{i+7} + n^{i+8}$
1st 8 x 8	$n^{i+1} + n^{i+2} + \ldots + n^{i+7} + n^{i+8}$ and $n^{i+9} + n^{i+10} + \ldots + n^{i+15} + n^{i+16}$
2nd 8 x 8	$n^{i+1} + n^{i+2} + \ldots + n^{i+7} + n^{i+8}$ and $n^{i+17} + n^{i+18} + \ldots + n^{i+23} + n^{i+24}$

Reflective Collaboration Note





ST @ 12/30

SORST
SCCS, Chukyo University

繰り返し説明することの効果

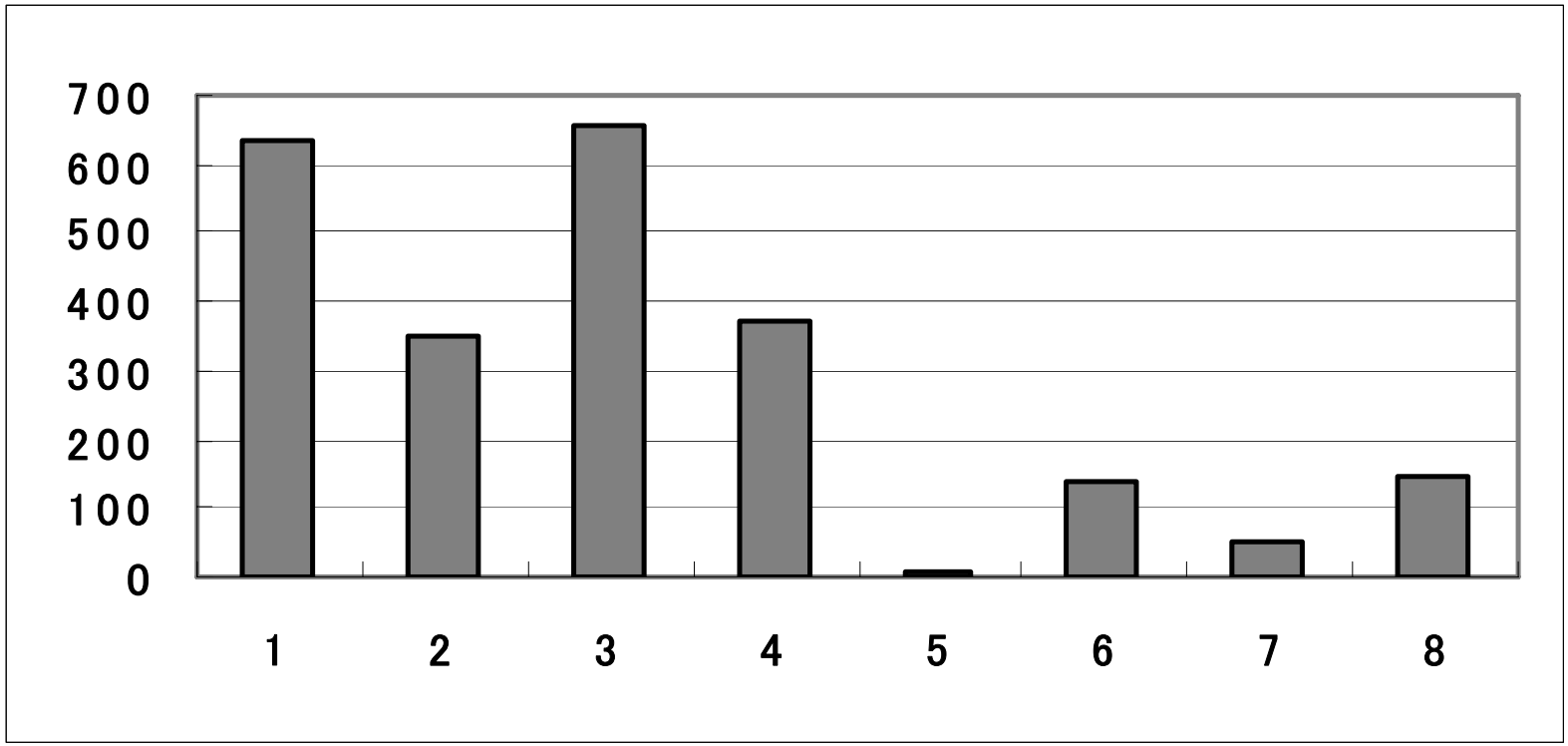
- 知識は portable になるか？

Y.O.のDunamic jigsaw過程

19/Oct	(115, 116) 組から116を選択
26/Oct	116, 115の構成要素質問解答
02/Nov	TA相手に116 の説明練習
09/Nov	TA相手に115の説明練習
16/Nov	1X1　115 と 116
30/Nov	2X2 (115,116)と(113,114)
07/Dec	2X2の結果を吟味
08/Dec	4X4 (113-116)と(109-112)
14/Dec	8X8 (109-116)と(117-124)
15/Dec	8X8 (109-116)と(101-108)
22/Dec	クラス全体で自由討論

SORST
SCCS, Chukyo University

各回の説明にかかった発話単位数

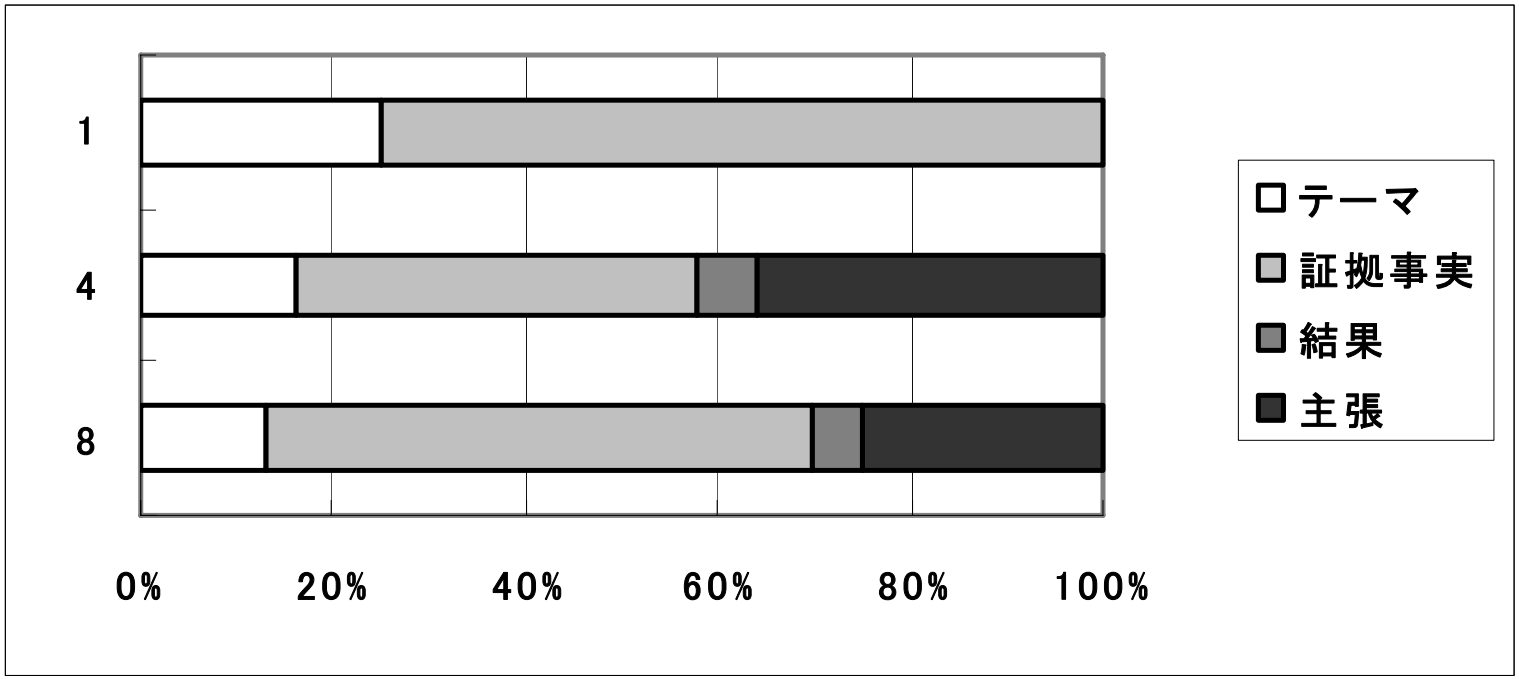


SORST
SCCS, Chukyo University

説明の構成要素

テーマ	資料で扱われているテーマ
証拠(事実)	実験、観察、シミュレイションなどの詳細
結果・主張	資料の著者による「結論」と「考察」
学生の考察・関連付け	学生自身による考察、他資料との関連付け

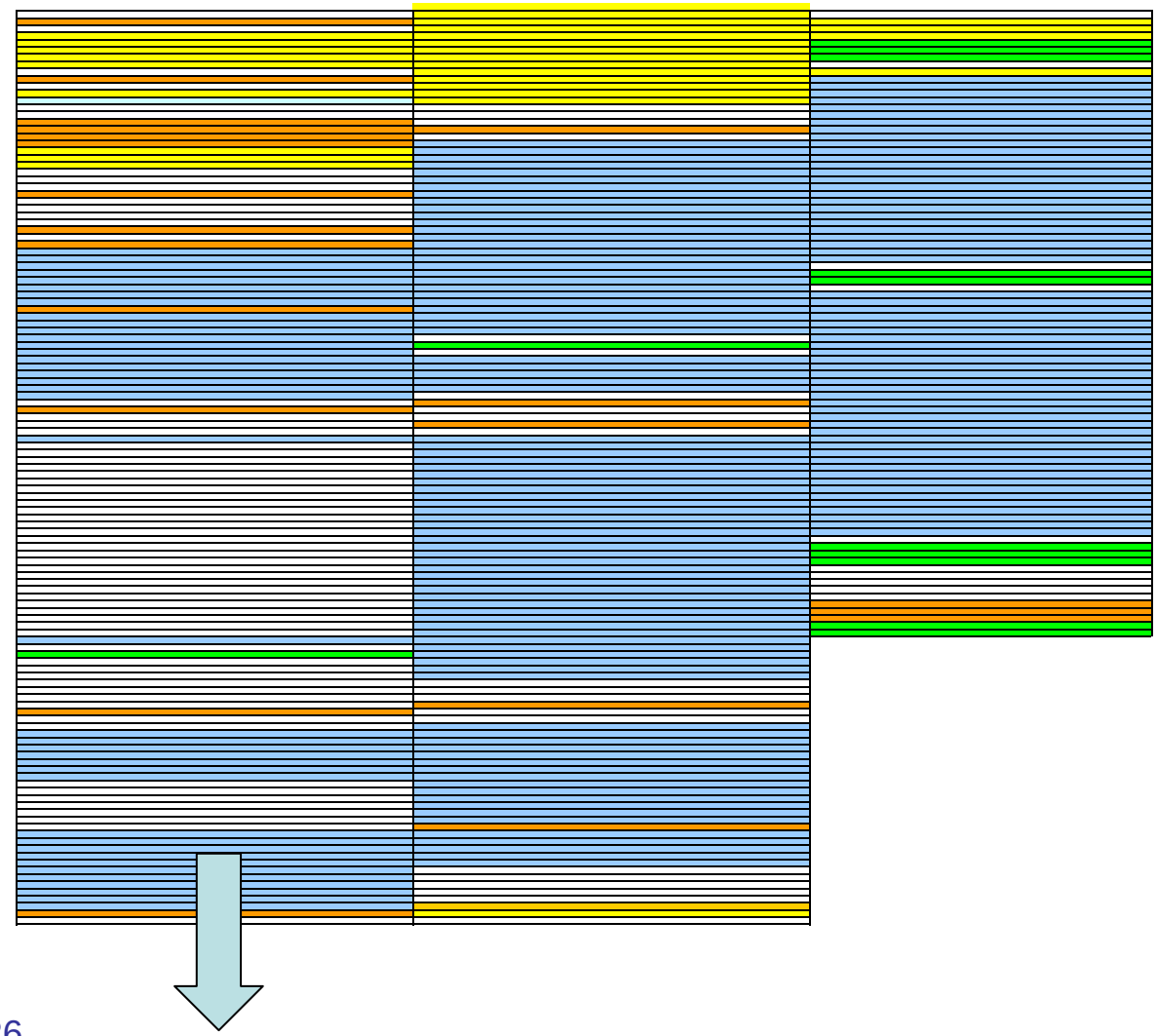
構成要素の出現割合



11/09 Prctc

12/07 4X4

12/15 8X8



１１月２日(１回目－初めて他人に説明)

SOBST
SOBST, Chukyo University

えっと、これは章のぶ、
頭にある文だったと思うんですけどー
その文の後半は、何、書いてるかっていうと、
手続き型知識について
手続き型知識はどういうふうに表象されるのかとかー
まあ、手続き型知識には、こういうのがありますよー
とかいう例がいろいろありましてー

まあ、そういうことが書いてあったんですけど

11月30日（4回目 2×2交換）

SOBST
SOBS, Chukyo University

えーと、116の資料は
まあ、一番メーンの主題となるのは、
宣言型知識と手続き型知識っていう話ねー
で、まあ、これを話す前に、何つうの
感覚的に言うと何か習うより慣れろとかさー
あのー、何だ
言葉で言っても分からないから
身体に覚えさせてやるみたいな、あるでしょう
よく聞くでしょう
あんな感じの、イメージしていただいてー
その、身体で覚えるっていうほうが、このー
手続き型知識

12月15日（8回目 8×8交換2度目）

SOBST
SCCS, Chukyo University

116というのはですね、
手続き型知識と宣言型知識がありますよー
というお話をしましてーその後にー
あの、宣言型知識というものが
手続き型知識に変換されてしまいます、
するときがありますよというお話が116の資料です
で、まずですね、
その変換されることがありますよというのが、
この資料の主張なんですけどー
あの、各知識がどういうものなのかっていうのを
分かっていただくためにですね、
宣言型知識というのは、あの、
言語によって伝達できる情報であることが多い

学習科学

- 学びの仕組みを根本から考え直す
  - うまくいっている学びにはどんな特徴があるか
  - そもそも人は何を学ぶべきか
  - 学びはどうやって引き起こせるか
  - 「学びがうまくいかない」構造的な欠陥は何か
- 実践と理論作りを行き来して
  - 「今まで人類が見たこともない質の高い教育を、すべての人に可能にする」(Bereiter, 2002)

学習科学

- 学習理論
  - 人はいかに学ぶかを明らかにする
- 学習支援
  - 人がうまく学べるための工夫を実践的に確かめる

SORST
SCCS, Chukyo University

得意になるまで

- 一定以上の時間をかける
- 強い動機付けを持つ
- 積極的に情報を収集して、覚える
- 教えあったり、議論したりする仲間がいる
- さまざまなレベルの先輩がいる
- 試行錯誤を繰り返して自分の知識を作る
- 学んだ成果が次の学びに結びつく
- 対象は限定されている

SORST
SCCS, Chukyo University

学習科学の基礎

- 繰返し、時間をかけて知識を作る
- 社会の中で、他人と協調的に学ぶ

SORST
SCCS, Chukyo University

曜日計算

火曜日＋水曜日＝金曜日　のとき

月曜日＋木曜日＝？

SORST
SCCS, Chukyo University

曜日計算　解説

月	火	水	木	金	土	日
1	2	3	4	5	6	7

火曜日	＋	水曜日	＝	金曜日
2	＋	3	＝	5

月曜日	＋	木曜日	＝	？
1	＋	4	＝	

問題を解く

- 問題を解く時に既に持っている知識を使う
- 繰返し解くうちに一般的な解き方（スキーマ）を自分で作る
- 新しい問題も解けるようになる