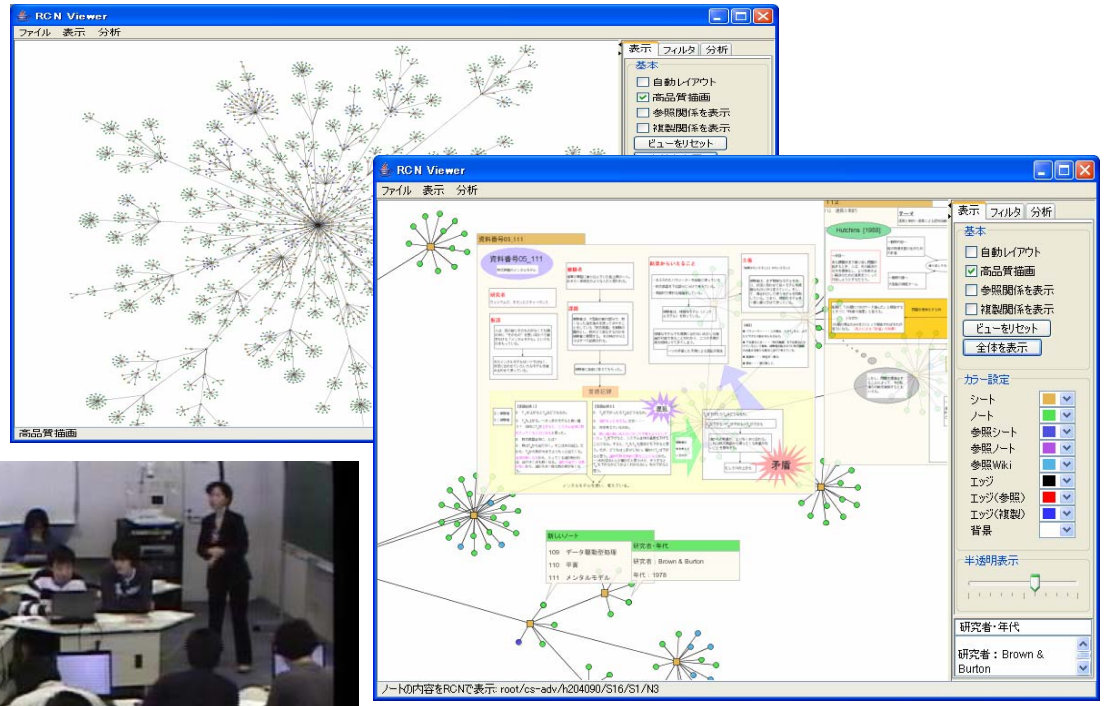
ICCE2006
2006/12/03

Collaboration as a scaffold for Schematic Knowledge Integration

三宅なほみ
Naomi Miyake
Chukyo University

College level education is also changing…



中京大学
情報理工学部
情報知能学科
（旧認知科学科）

授業風景…

Goals for *college level* learning

- Portability
  - Outcome can be “taken out” of class
- Dependability
  - Outcome works when necessary
- Sustainability
  - Outcome is durable and modifiable

How "portable" are lectures?

Five months after lectures

Exp：What do you remember？
Stdnt：well, he talked on meta cognition・・・baseball・・・
Ichiro was mentioned・・・
that's all.

Class type	# of targets	% recall Facts + Implication	Keywords only
講義	11	2.2%	56.1%

Proposal

- Supporting acquisition of domain specific “adaptive” schemas is one the conditions for achieving the portability, dependability and sustainability of learning outcomes.

Outline of my talk

- What is an “adaptive” schema of knowledge and how is it constructed?
- How could collaborative learning contribute to the acquisition of adaptive schemas?
- What are the conditions for effective collaborative learning?
- My research to support the proposal
- Future perspectives

Example of "adaptive" schema

Day arithmetic

When

Tuesday + Wednesday = Friday,

What is

Friday + Tuesday = ?

"What if there are many?"

M + Su =	F + W =
W + Te =	Th + F =
F + M =	Sa + M =
Sa + W =	Te + Th =
Te + Sa =	Su + M =
Th + M =	W + Te =
W + F =	Su + Th =

Local strategies

- "Memorize answers!"
- "Make a table and look up!"

- "There are rules..."
  - X+Sunday, then X is the answer.
  - X+ Monday, then X's next day is the answer.
  - X+Tuesday, then X's next next day is the answer. ...

A new question

What is

Schema adaptation

m + b = ?

"m...n...O? Oh!"

Learning activity	Answer is "O"
Explanation only	
With hands-on	
Hands-on+discussion	

A new question

What is

Schema adaptation

m + b = ?

"m...n...O? Oh!"

Learning activity	Answer is "O"
Explanation only	28%
With hands-on	44%
Hands-on+discussion	58%

The first approximation

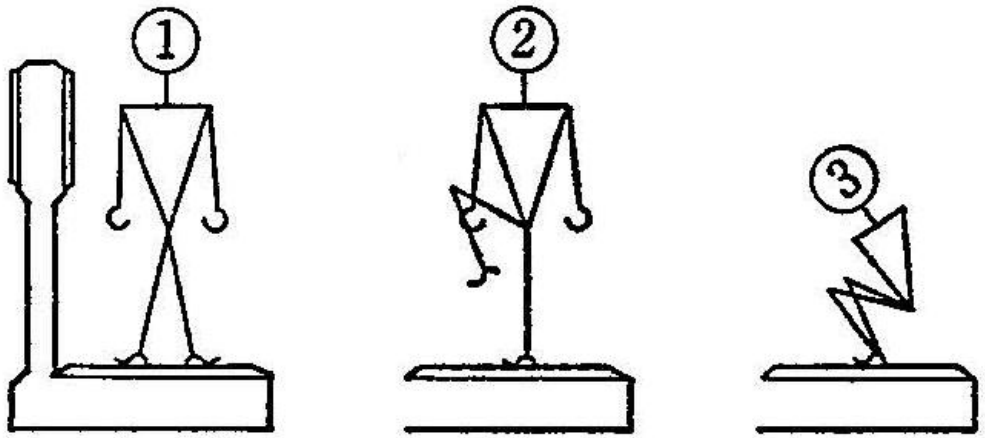
- The acquisition of an adaptive schema seems to require
  - substantial amount of solving "similar" problems (direct experience)
  - explicit scrutiny of (reflection upon) the experience
  - encounter with a "new" problem

- All as each individual student's construction

How could this expand in collaborative classrooms?

Hypothesis-Experiment Instruction

Which is the heaviest?



HEI: Standard procedure

1. A problem is presented with three or four answer alternatives.
2. Pupils choose one answer by themselves.
3. Pupils' responses, counted by a show of hands, are tabulated on the blackboard.
4. Pupils are encouraged to explain and discuss their choices with one another.
5. Pupils choose an alternative once again. They may change their choices.
6. Pupils observe an experiment or reading a given passage, to test their predictions.

Series of questions

- What if a clay ball is changed into different shapes, a flat pancake, or a long sausage?
- Would a baby's body weight change if she drinks a bottle of milk (200cc)?
- Would your body weight change if you drink a carton of milk (1000cc)?
- Would dissolving sugar in water change the weight of the water? ...

Outcome

- Students gain solid conceptual understanding
- Students discussion promotes
  - More explicit verbalization of the concept
  - Higher motivation to observe the experiment, and to learn more

(Inagaki & Hatano, 1972; 83, 2005)

  - Better understanding about scientific experimentation

(Itakura, and his group members)

HEI Mechanism

- Students create different explanations about alternatives
- Students who chose the same alternative are encouraged to incorporate opinions given by the other students with same alternative.
- Students need to falsify given by those who chose different alternatives.

The second approximation

- The acquisition of robust scientific schemas seems to require;
  - Externalization of alternative explanations or different solutions
  - Explicit categorization of (reflection upon) the externalized explanations
  - Integration of explanation with reality (experimental results)
  - Repeated exposure of carefully sequenced set of problems

The second approximation

- The acquisition of robust scientific schemas seems to require;
  - Externalization of alternative explanations or different solutions
  - Explicit categorization of (reflection upon) the externalized explanations
  - Integration of explanation with reality (experimental results)
  - Repeated exposure of carefully sequenced set of problems

Basic components of collaboration

- Make each person's own idea visible

⇔ compare

- Others' ideas are visible

↑

Notice differences

Don't converge!

Construct schemas

Conditions for effective collaboration

- Novices can express their ideas,
  - One needs resource to have "idea"
  - They also need support for externalization
- There are chances to compare one's own with others' ideas
  - Needs support to see "different" categories
  - Needs support to constructively integrate
- There are chances for modifying their original ideas, as well as expanding them.

For adaptive schema formation

- Repeat the whole process
  - With direct (hands-on) experiences worth reflecting on
  - From simpler, smaller scale collaboration to more complex, grander scale activities
  - On carefully sequenced materials

Why collaboration ?

- Support individual construction of adaptive schemata
- Produce data for process analyses
  - For formative evaluation
  - For students' reflection on their own learning

Research context

since 2000

- Topic: Common Sense CogSci
  - Problem solving skills, meta cognitive skills, knowledge about how human works, learning skills for future…
- Target : c70 CogSci undergraduates
- Staff : Two faculty members
  +2 to 3 / class
- Two 90 min. classes per semester
- Four semesters for the first two years

Concrete strategies

- Support for having one's own idea
  - Jigsaw method with variations
- Support for externalization
  - Reflective Collaboration Notes
- Support for comparison
- Support for re-construction
  - Repeat the activity set cyclically

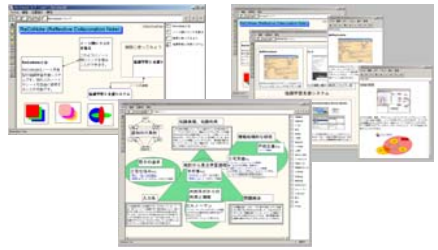
Classes

Freshmen Spring & Fall

Classes

Freshmen Spring & Fall

Concept Mapping tool
for sharing externalizations

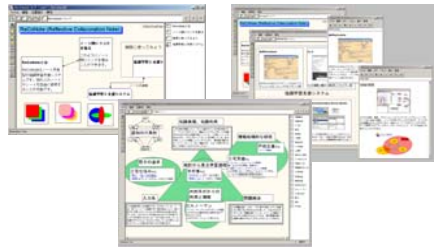


Classes

Freshmen Spring & Fall

Sophomores Spring & Fall

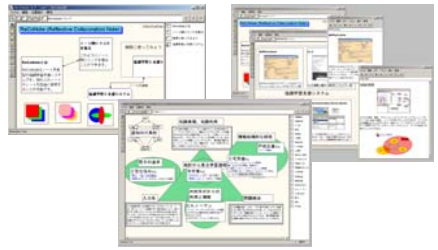
Concept Mapping tool
for sharing externalizations



Classes

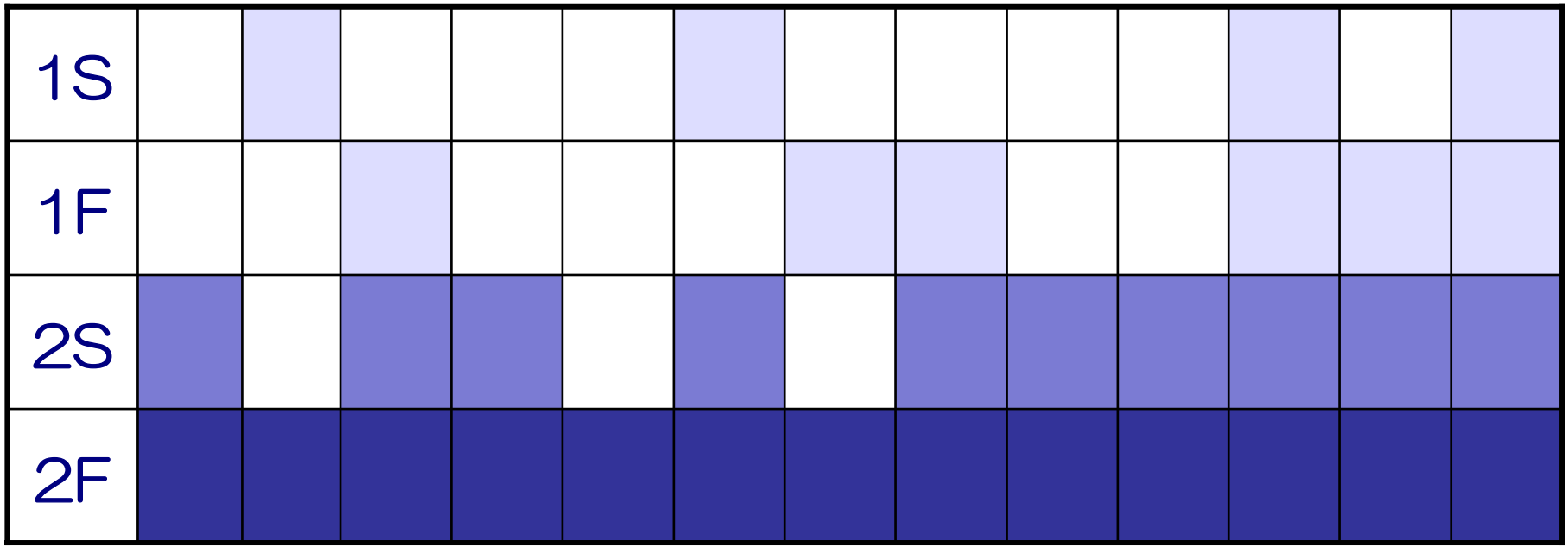
Freshmen Spring & Fall

Concept Mapping tool
for sharing externalizations



Sophomores Spring & Fall

Blended curricula preparing for collaborative learning

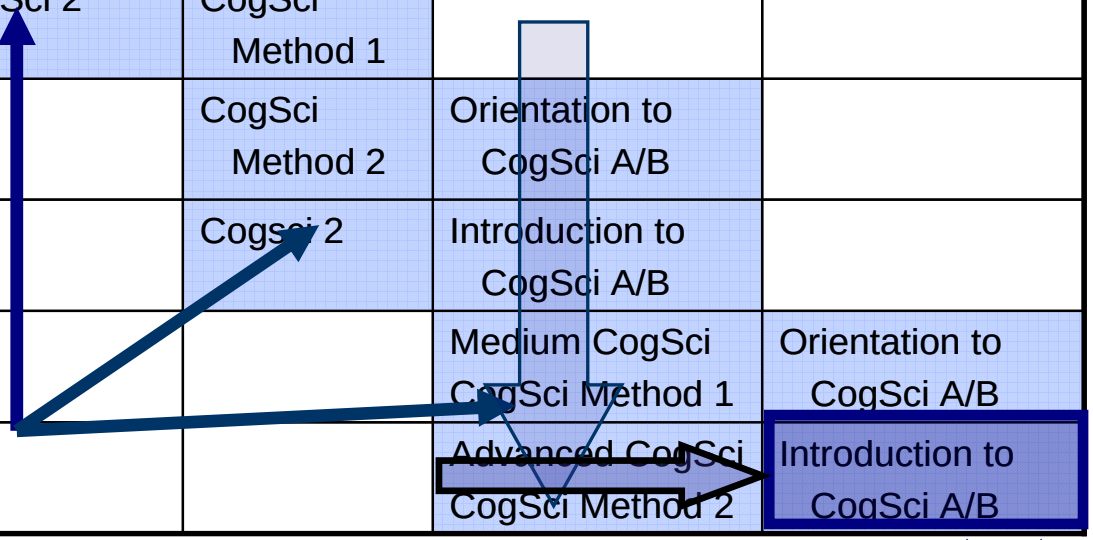


From simple, short text exchange to more complex, longer texts' repeated exchange.

Target classes

four classes／semester × two years

	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 CogSci Method 1	Orientation to CogSci A/B
Fall 2004			Advanced CogSci CogSci Method 2	Introduction to CogSci A/B



2nd Fall semester：Dynamic jigsaw

Twenty-four research texts、collaboratively explain 24 research texts to deepen and expand comprehension

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、子どものとき内観から引き離された大人たちが、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うさらには、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、子どもたちが赤いときから、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。例えて、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。

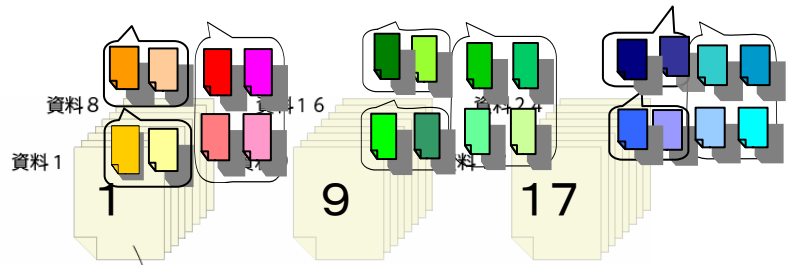
あるカテゴリのメンバーを表現するのに使用することばが、子どもたちのそのカテゴリについての判断に影響する。数えることのできる名詞は、形容詞句や動詞句よりも、あるカテゴリが時間を越えて安定しており、一貫性があることを意味する。例えば、ある研究では、5~7 歳の子どもたちに対して、数えられる名詞句を用いた説明（「ローズは 8 歳です。ローズはたくさんにんじんを食べます。彼女は『にんじん食べ屋さん』です。」）か、もしくは動詞句を用いた説明（「ローズは 8 歳です。ローズはたくさんにんじんを食べます。彼女はできるときはいつでもにんじんを食べます。」）を聞かせた。その後、その子どもたちに、「ローズは大人に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。

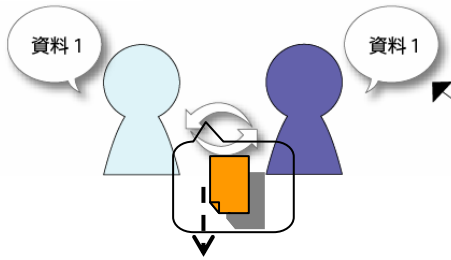
最近では、言語には言語特有の本質主義を伝える仕組みが備わっていることがわかってきた。例えば、スペイン語を話す年少の子どもたちは、存在を表現する動詞のどの形が使われるかによって、カテゴリの安定性を判断していると考えられる証拠が見つかっている。あるものが「存在する（ある）」と断定するのと、「存在する（ある）かもしれない」と表現するのとでは、そのものの安定性についての判断が異なる。ことばが心理学的な本質主義の源であるとは言えないだろうが、言語は、子どもたちがいつカテゴリを安定したものとして扱うかに関わる重要な手がかりを提供していると考えられる。

引用：Gelman, S.A. (2004) Psychological essentialism in children. *TICS* 8, pp. 404-409 [参照文献]

Dynamic Jigsaw



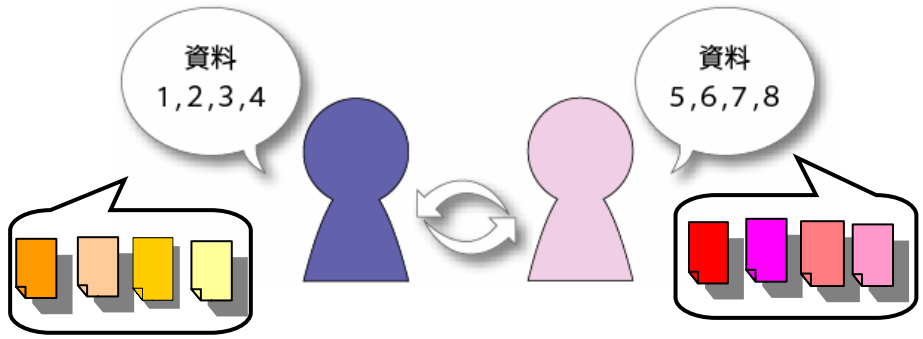
1～3rd week



4～6th week

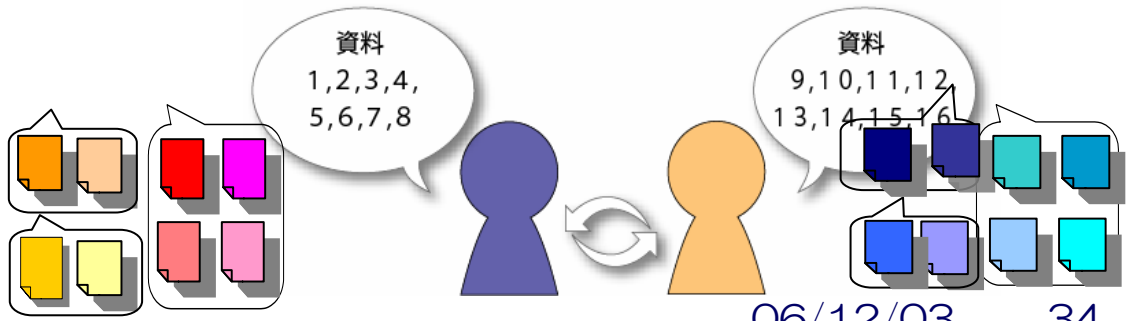
7th week

8th week



9th week

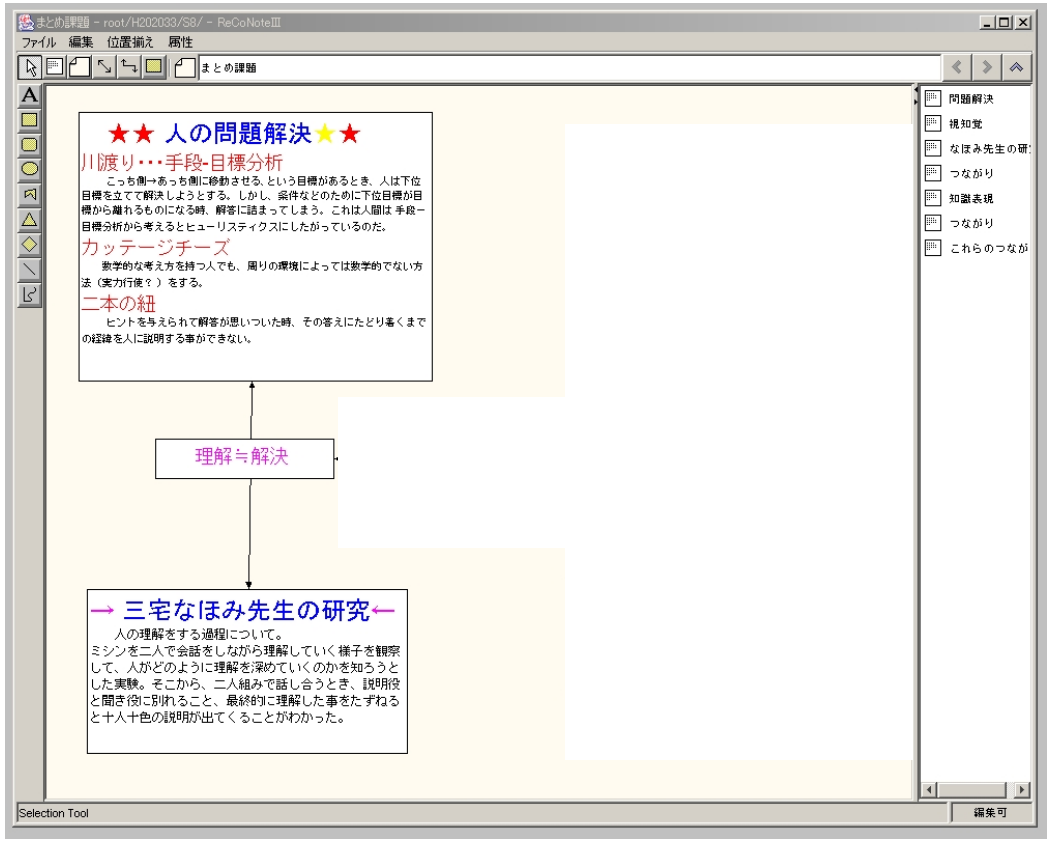
10th week



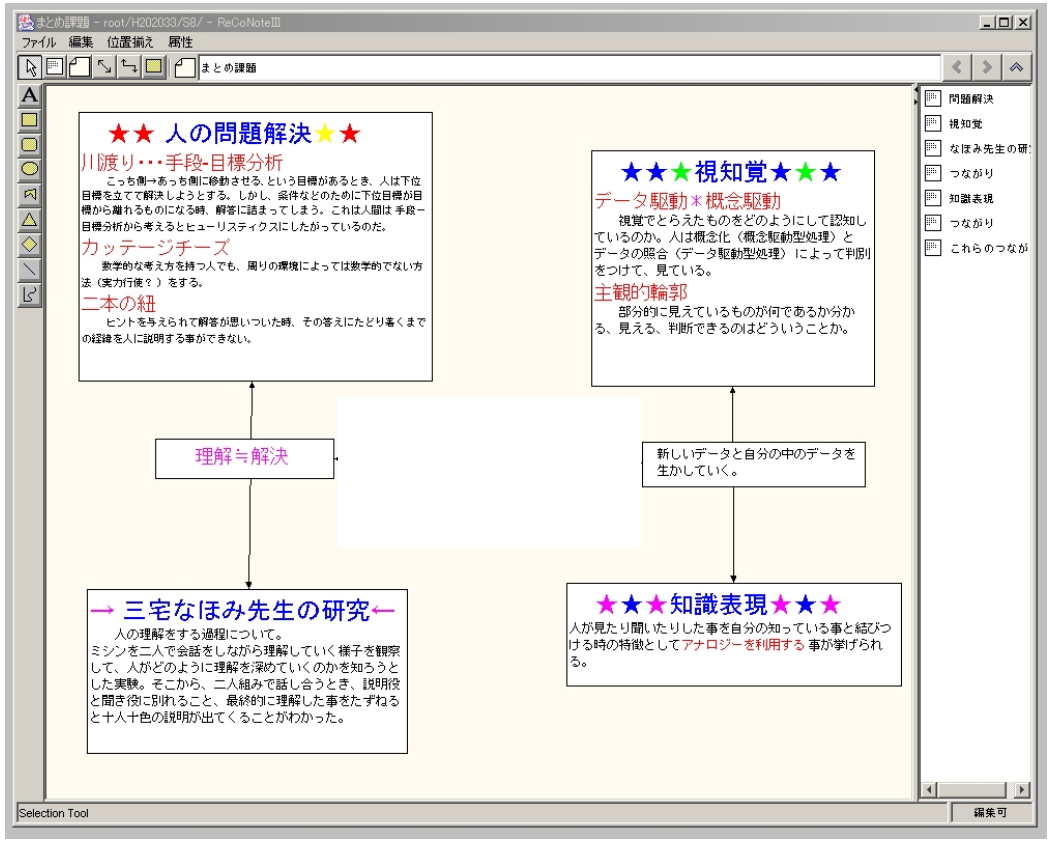
Support tools

- Making thinking visible
  - Externalize fragmental ideas
  - Spatially arrange the fragments into a concept map
- Making modifications of externalizations easy
  - Reflective Collaboration Note

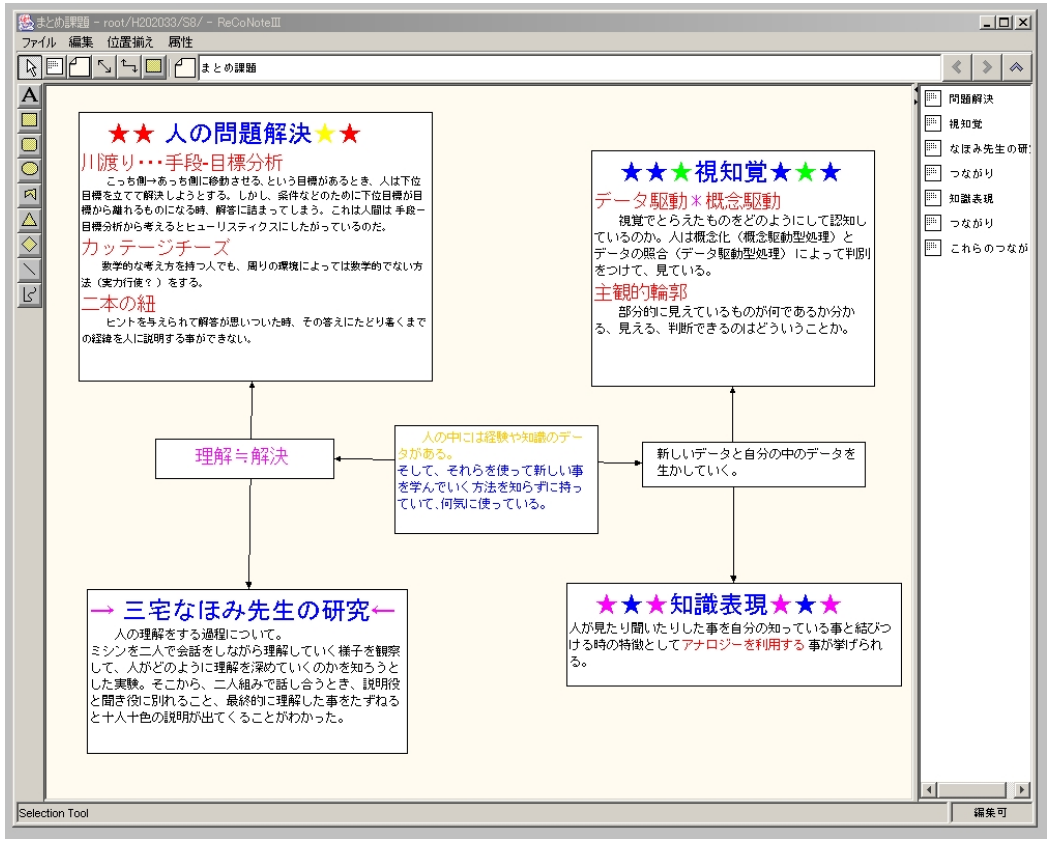
Reflective Collaboration Note



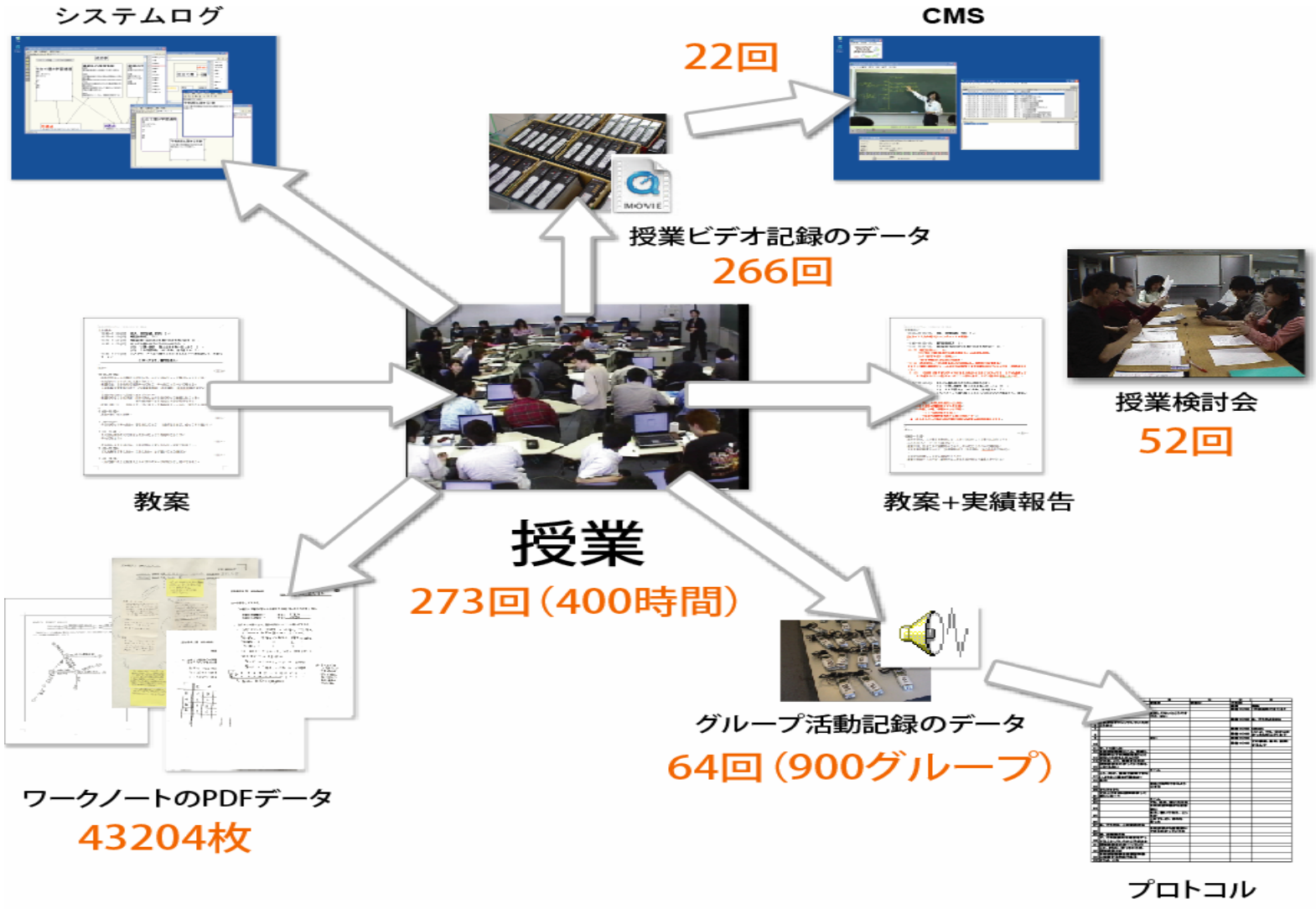
Structuring explanation Reflective Collaboration Note



Structuring explanation Reflective Collaboration Note



Data for evaluation (2002-2004)



Are the outcomes "portable"?
How much do they "remember"?

Six months to one year later

Exp：What do you remember? What kind of a story?
Stdnt　：Ah, how pigeons remember things, if you break some particular part of its brain、it still can distinguish what is edible and what is not, you know they can tell the difference with the partly damaged brain、but not which three dots make a triangle and so forth, artificial things. Even pigeons brain is network-structured for survival.

Class type	# of targets	% recall Facts + Implication	Keywords only
lecture	11	2.2%	56.1%
Coll. Ref.	22	15.8%	7.7%

Quantitative evaluation

- Individual knowledge building activities increase (over lectures)
- More integration efforts expressed in final reports (30% to over 90%)
- Some students spontaneously pair together to work for class, who are found more engaged in knowledge integration activities than solos.

Pair reflection

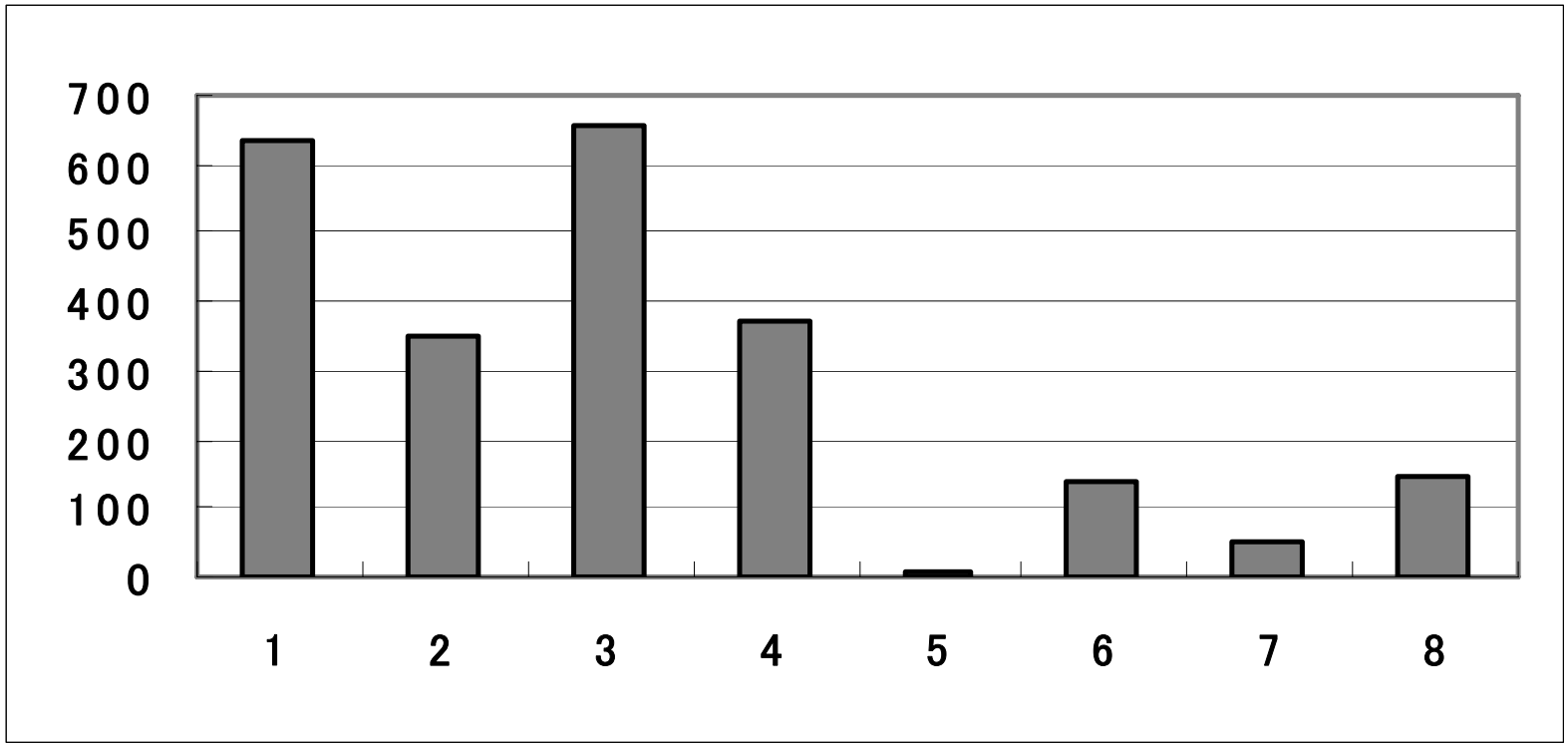
- Number of text read with care on relation between theme and evidence
  - Pair: 9.8 / Solo: 6.3
- Number of questions written on BBS
  - Pair: 1.9 / Solo: 0.5

- Pairs were found to be engaged in frequent QA during these activities.

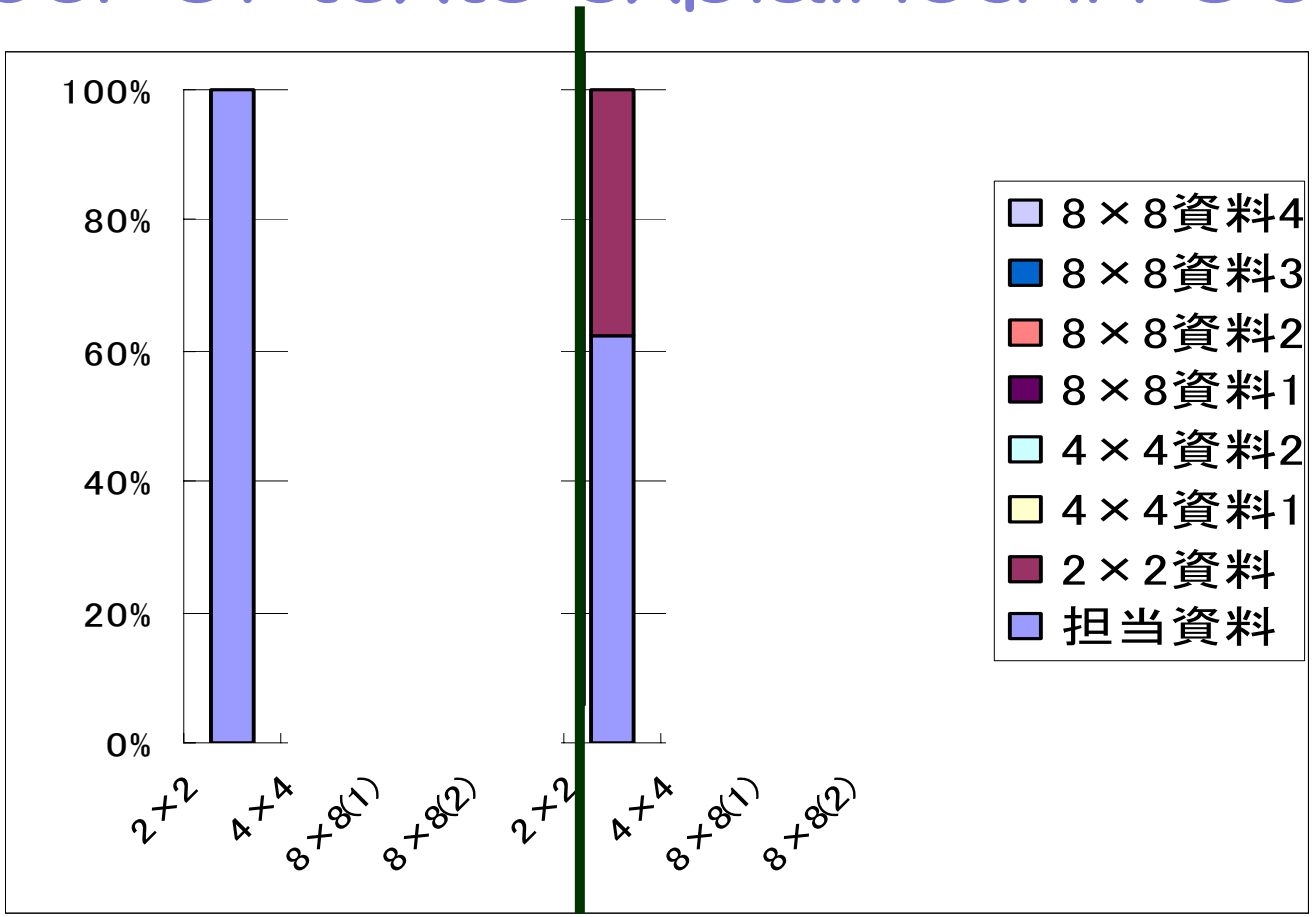
Quality of questions : One of qualitative evaluations

- Are students' understandings "portable" in the sense of their abstractness, and/or generality?

Length of explanations by one student



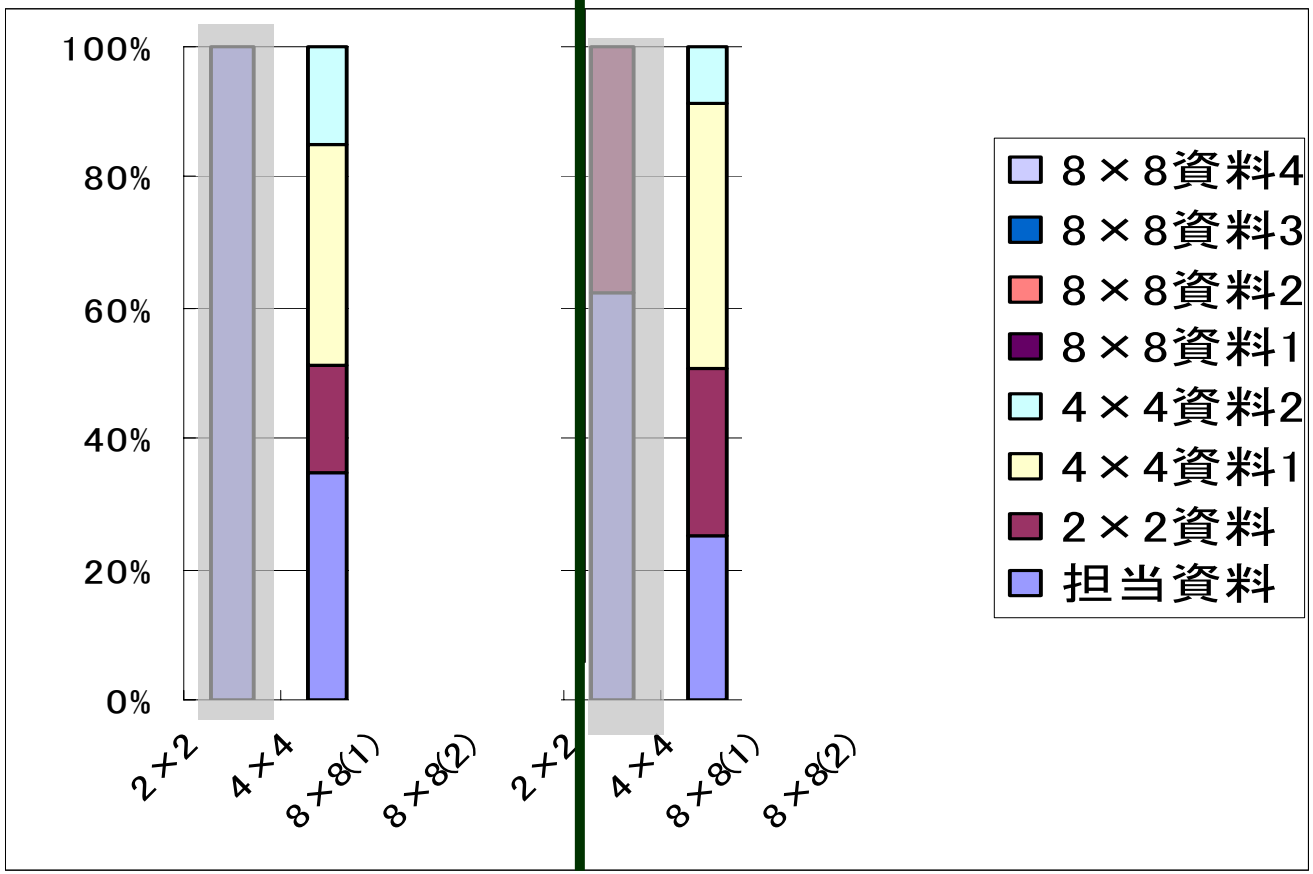
Number of texts explained in 90 min.



<図1 M,T両者の資料比率推移(左がM, 右がT) >

M T

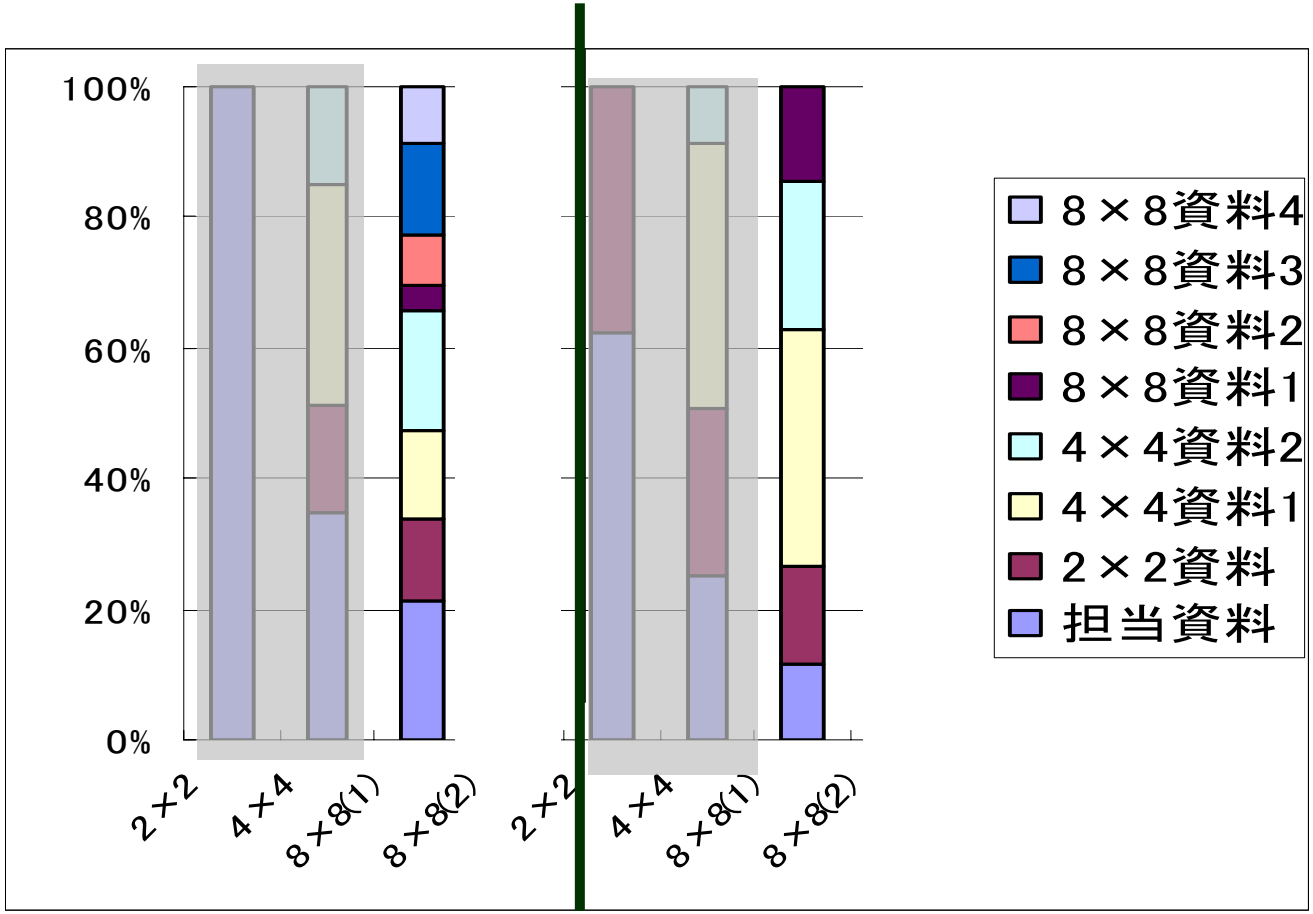
Number of texts explained in 90 min.



<図1 M,T両者の資料比率推移(左がM, 右がT) >

M T

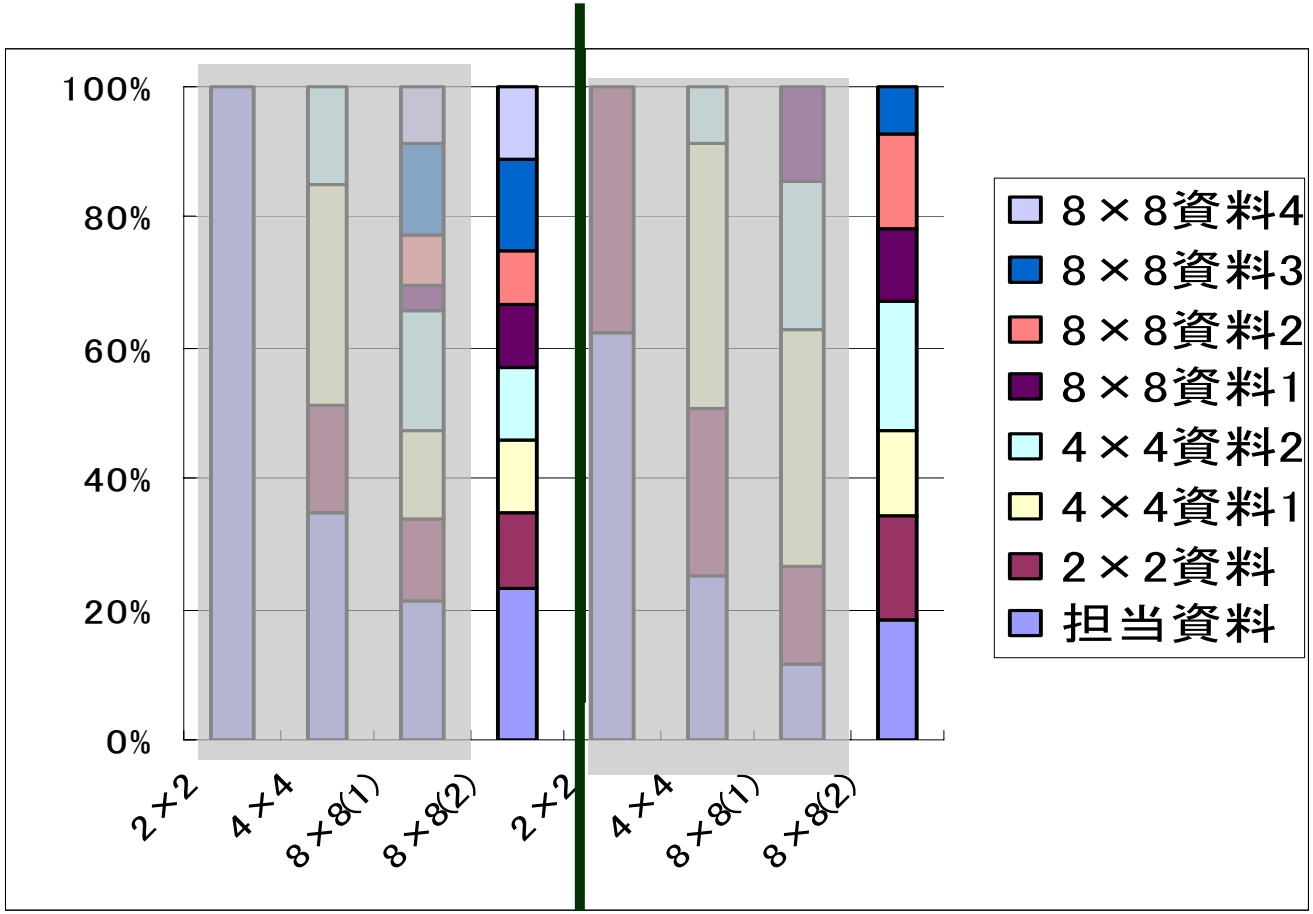
Number of texts explained in 90 min.



<図1 M,T両者の資料比率推移(左がM, 右がT) >

M T

Number of texts explained in 90 min.



<図1 M,T両者の資料比率推移(左がM, 右がT) >

M T

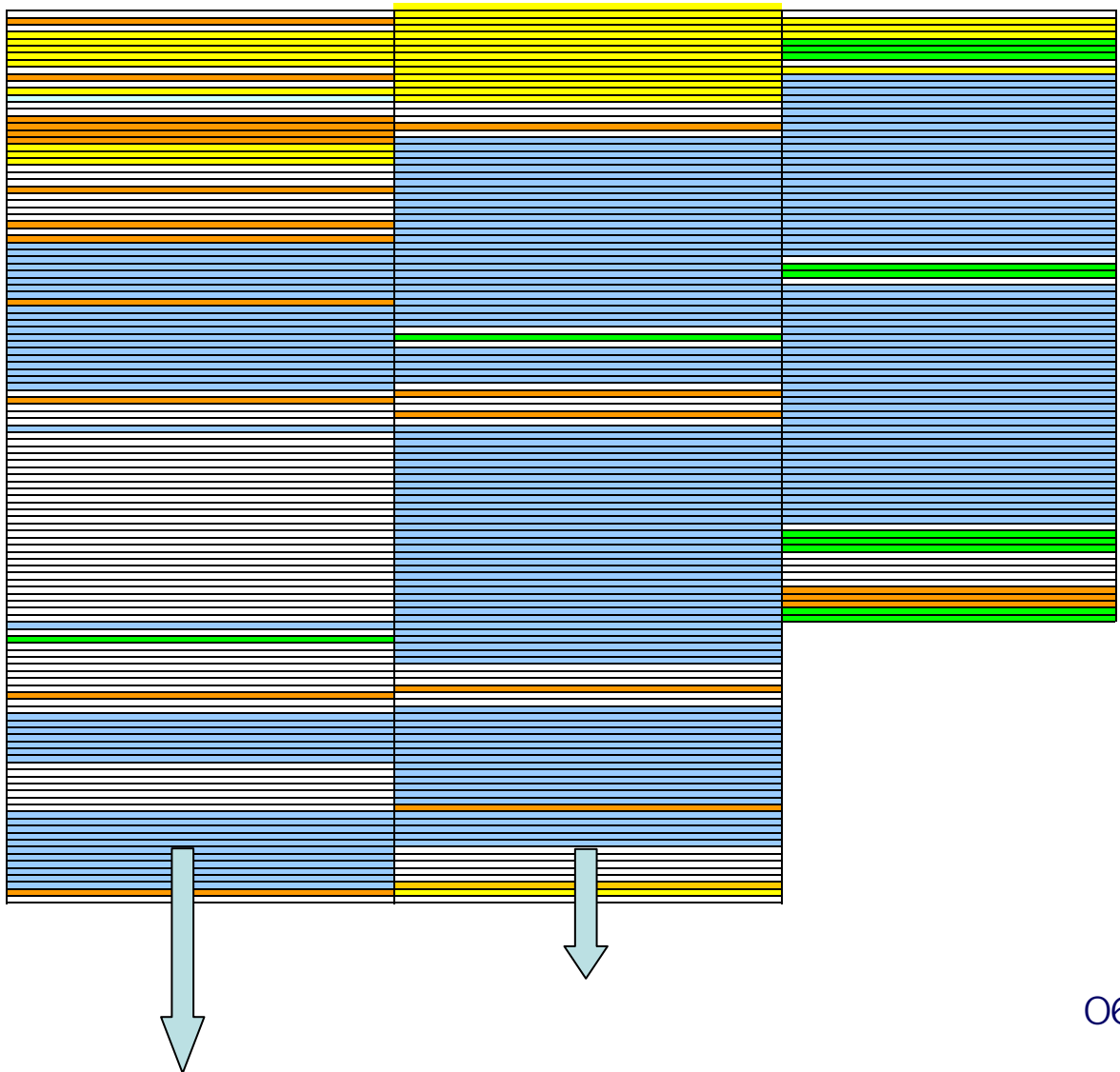
Component structure of the explanations

Theme	The theme of the findings
Evidence	Experiments, observations, systems, line of logic…
Implications	Author's interpretations and implications
Connections	Student's interpretations and abstractions

11/09 Prctc

12/07 4X4

12/15 8X8



2/Nov. (1st explanation to others)

Uhh, this sentence, I think, came first
in the chapter...
The latter half said...
about the procedural knowledge,...
about how the procedural knowledge is represented or
what kinds of the procedural knowledge there are...
and about many examples

30/Nov (4th wk 2by2)

Uhh, concerning to #116 literature,
its main theme is on…
the declarative knowledge and the procedural knowledge
Let me explain it briefly before going into details.
This is like "practice is better than learning."
Ahh, how can I say?
It is often said
what cannot be learned through words
can be learned by body.
Ahh, the procedural knowledge corresponds to the latter.

15/Dec (8th wk 8by8 2nd time)

116 is, let me see,

It tells you there are declarative and procedual knowledge

—and then—

Ah, it says there are occasions when the declarative skills get

Converted into procedural skills、

116 explains there are cases that that conversion occurs

Then, ah, let me start、

That the conversion is the theme of this text,

but—

Well, first of all, I think you need to understand, what each of these types of knowledge is, so in order to do that,

let me see,

Declarative knowledge is often, ah,

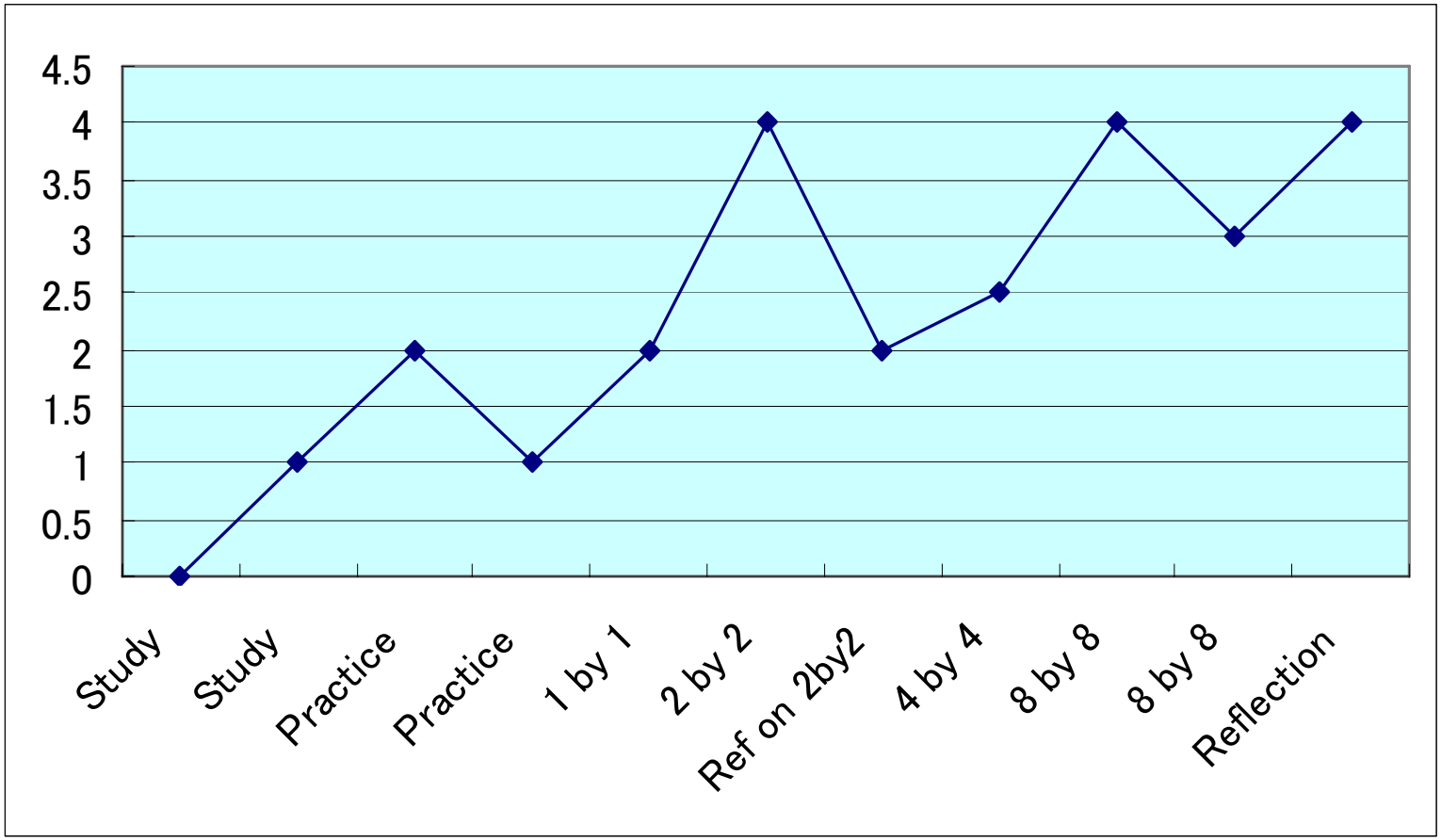
Communicated verbally.

It is language-dependent knowledge.

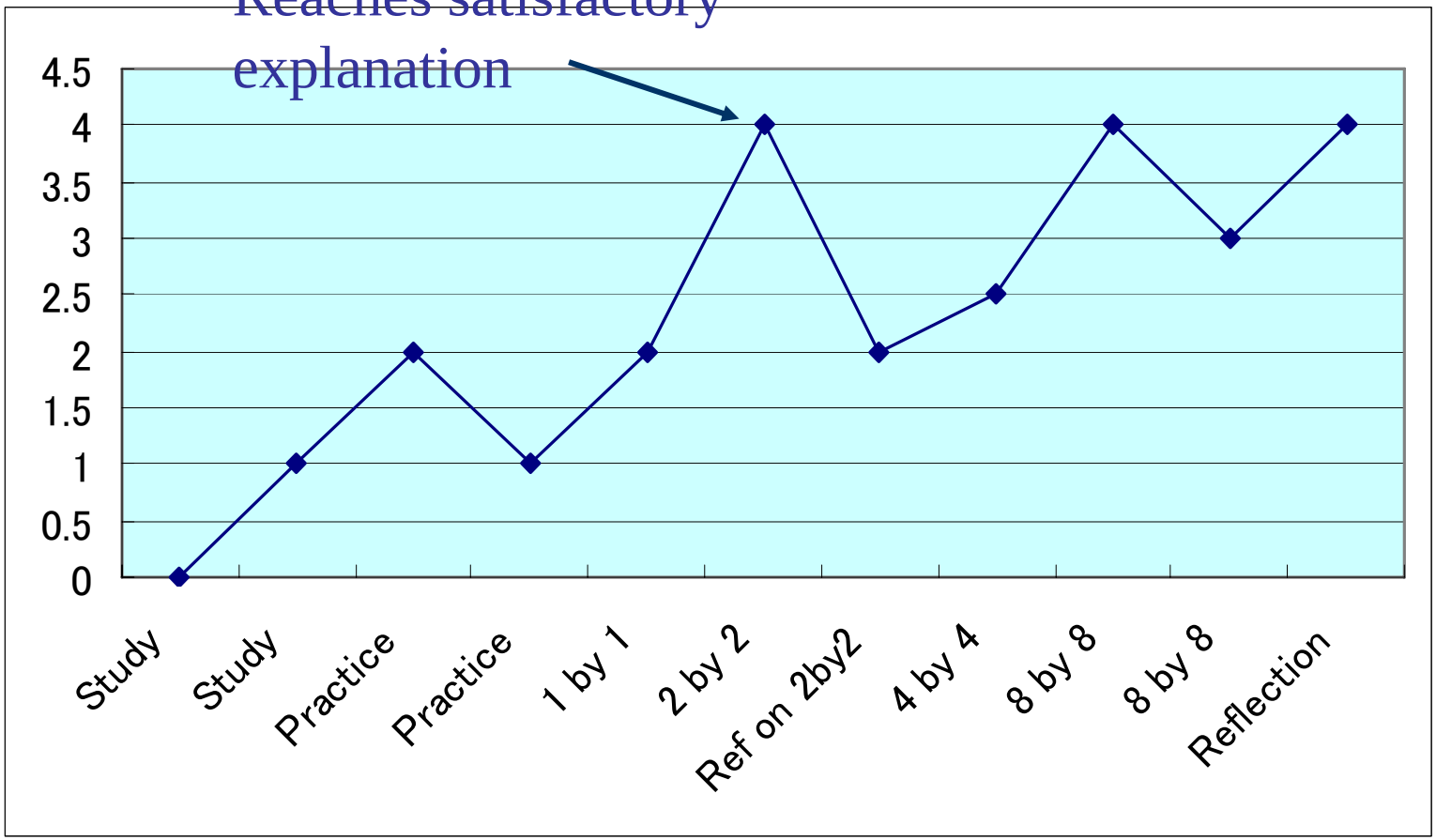
Very schematic description of Y.O.'s understanding process

Level 4	Integration with confidence, expansion
Level 3	Integration neutral
Level 2	Integration with doubts, misunderstandings
Level 1	Trials of integration

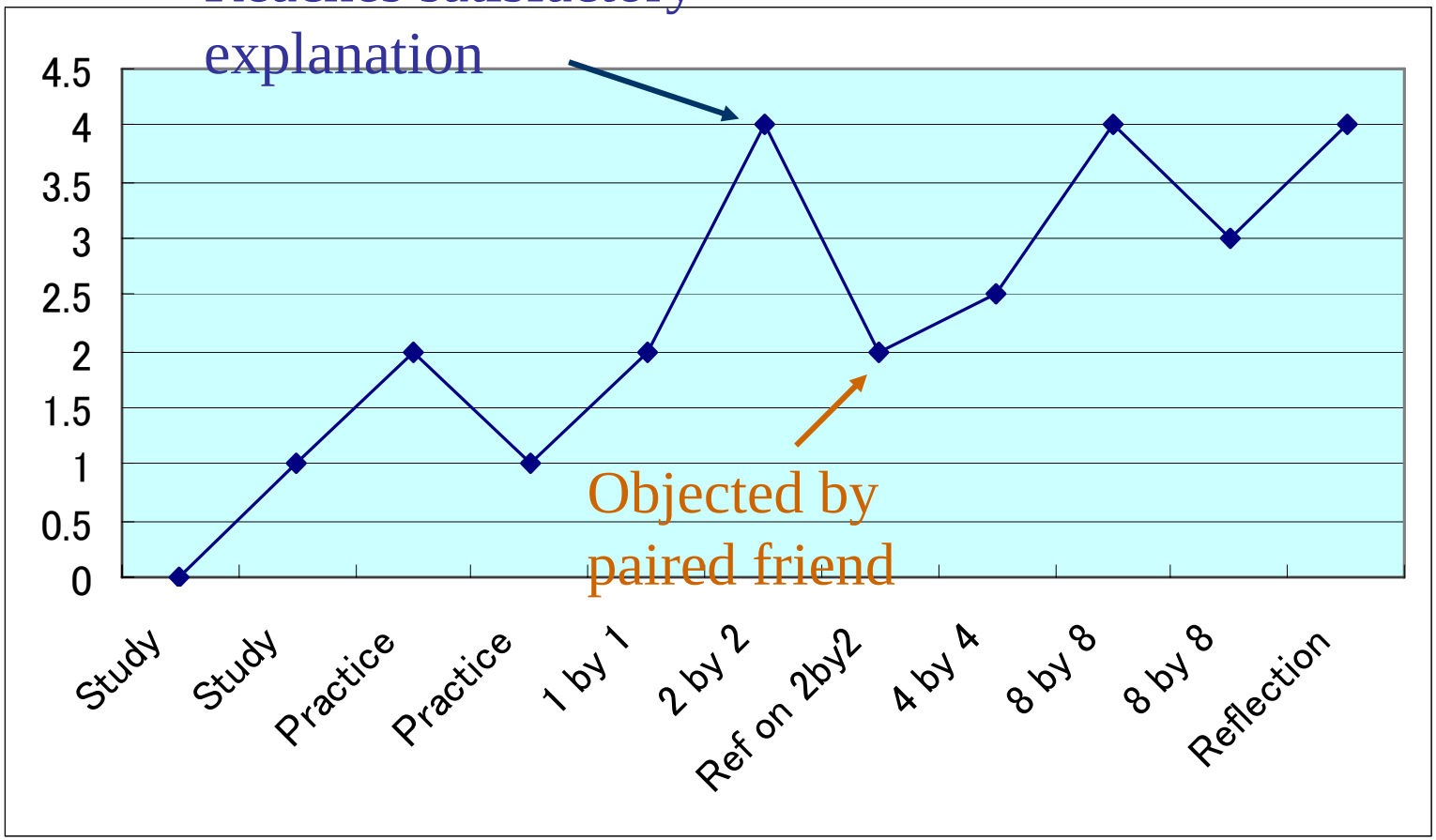
Pattern of growth (Y.O.)



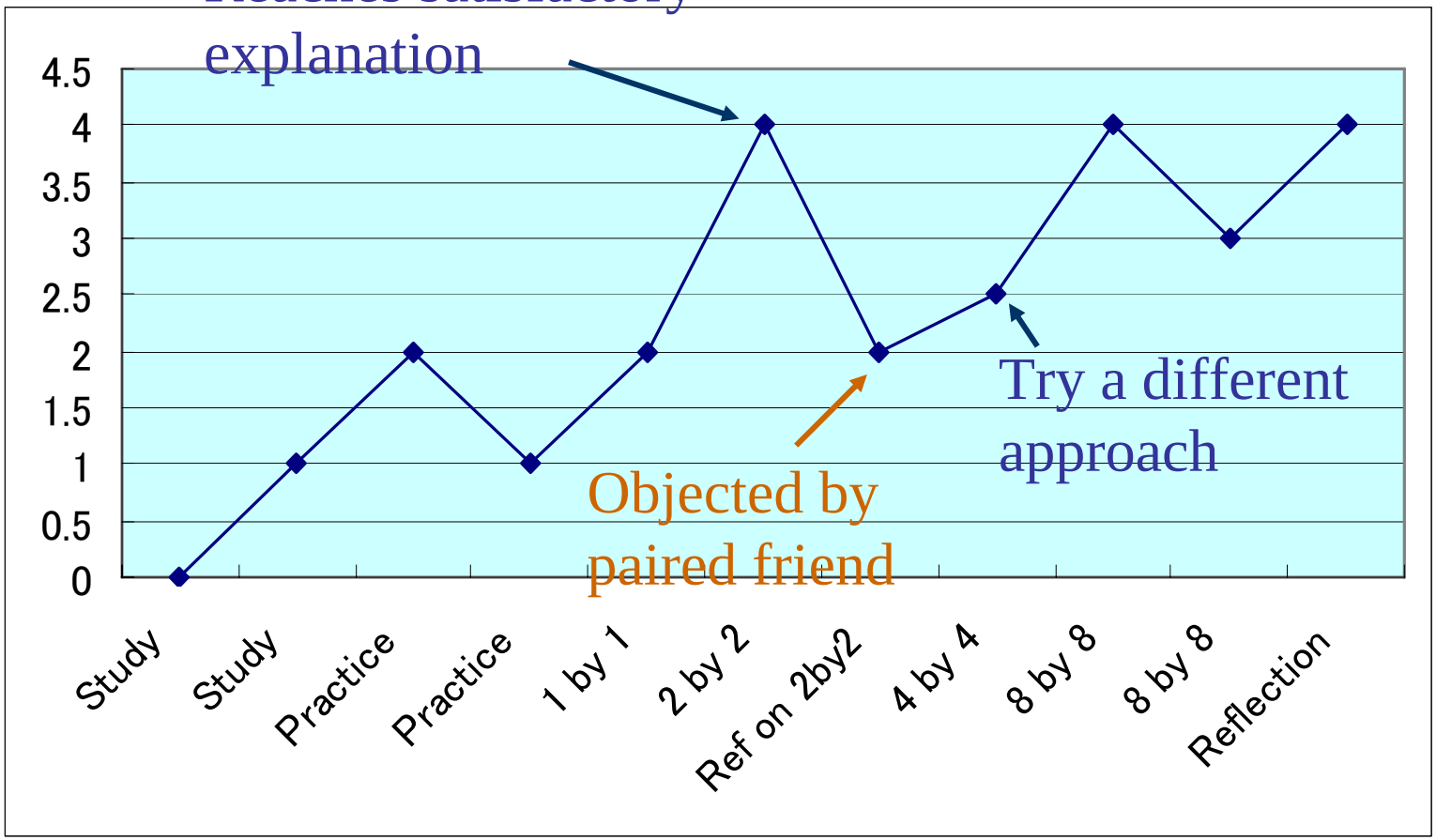
Pattern of growth (Y.O.)



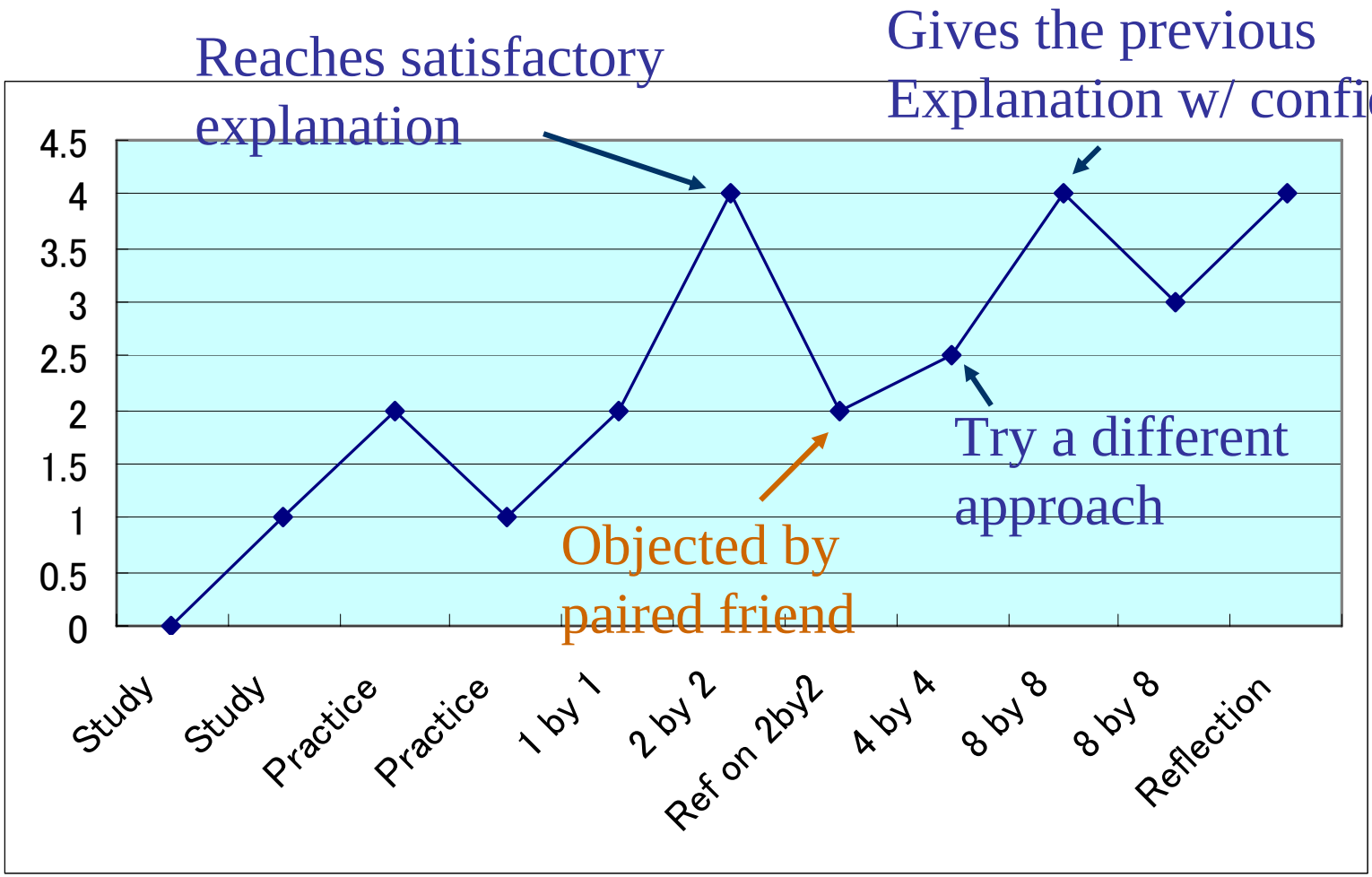
Pattern of growth (Y.O.)



Pattern of growth (Y.O.)



Pattern of growth (Y.O.)



Are leaned outcomes dependable?
Learning of learning skills

- Awareness of better comprehension by "explaining in my own words."
  - Dynamic jigsaw
- "It is my own understanding, could be different from others (but that's okay") feeling
- Now I know how to ask questions.
- *Some visible changes in work pattern in junior years and after*

How about sustainability?

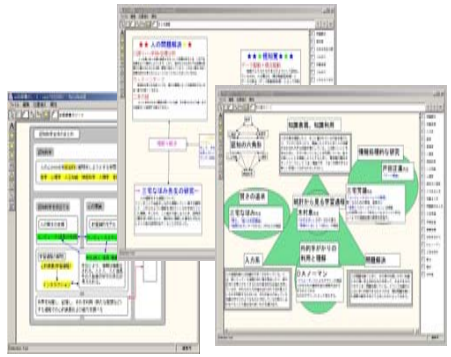
- Life-long, life-wide learning (LIFE)
- ・・・Learning for the Future?

(Schwartz & Martin, 2005)

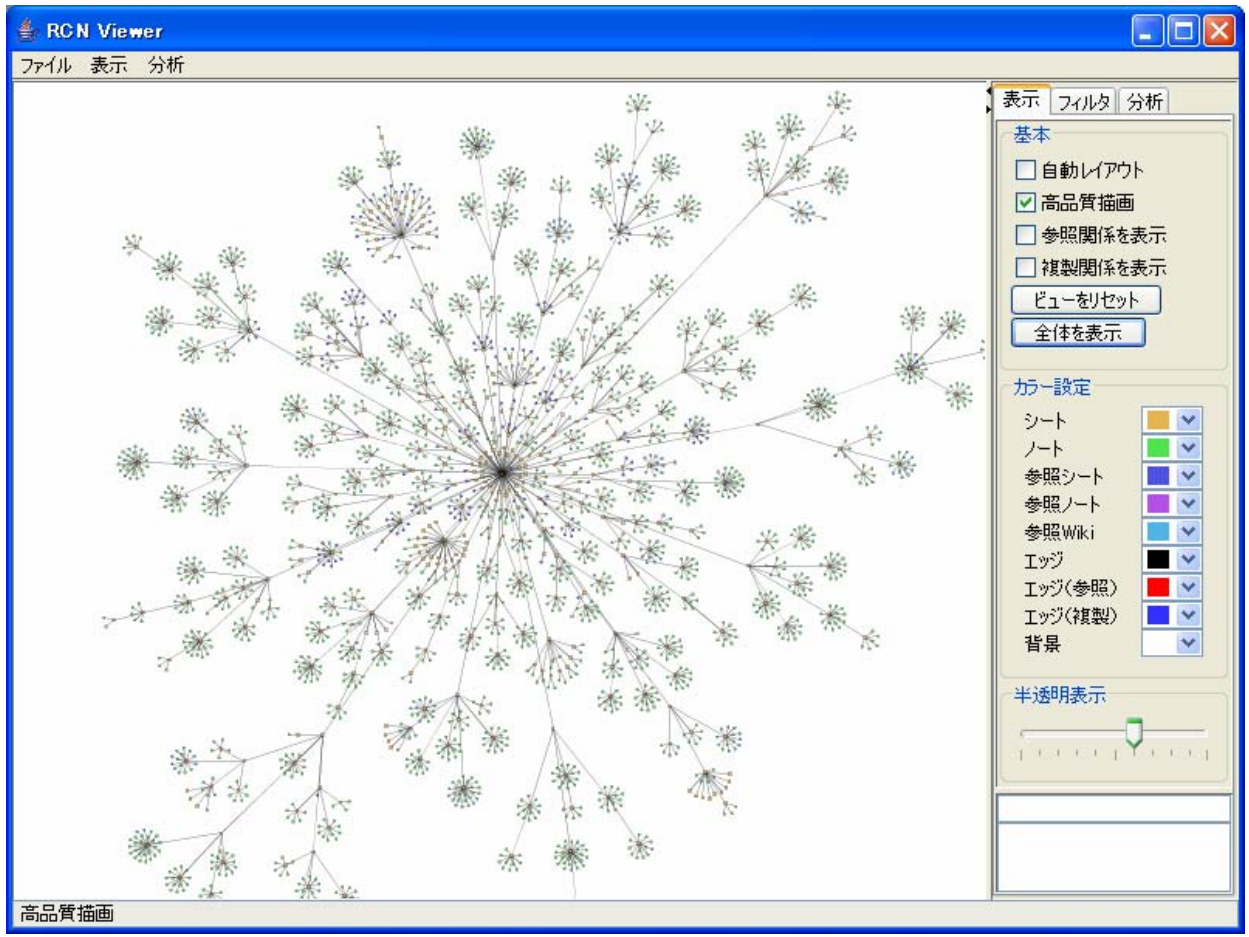
- One of the current hot topics, but we are not there yet.

Toward longer term effects...

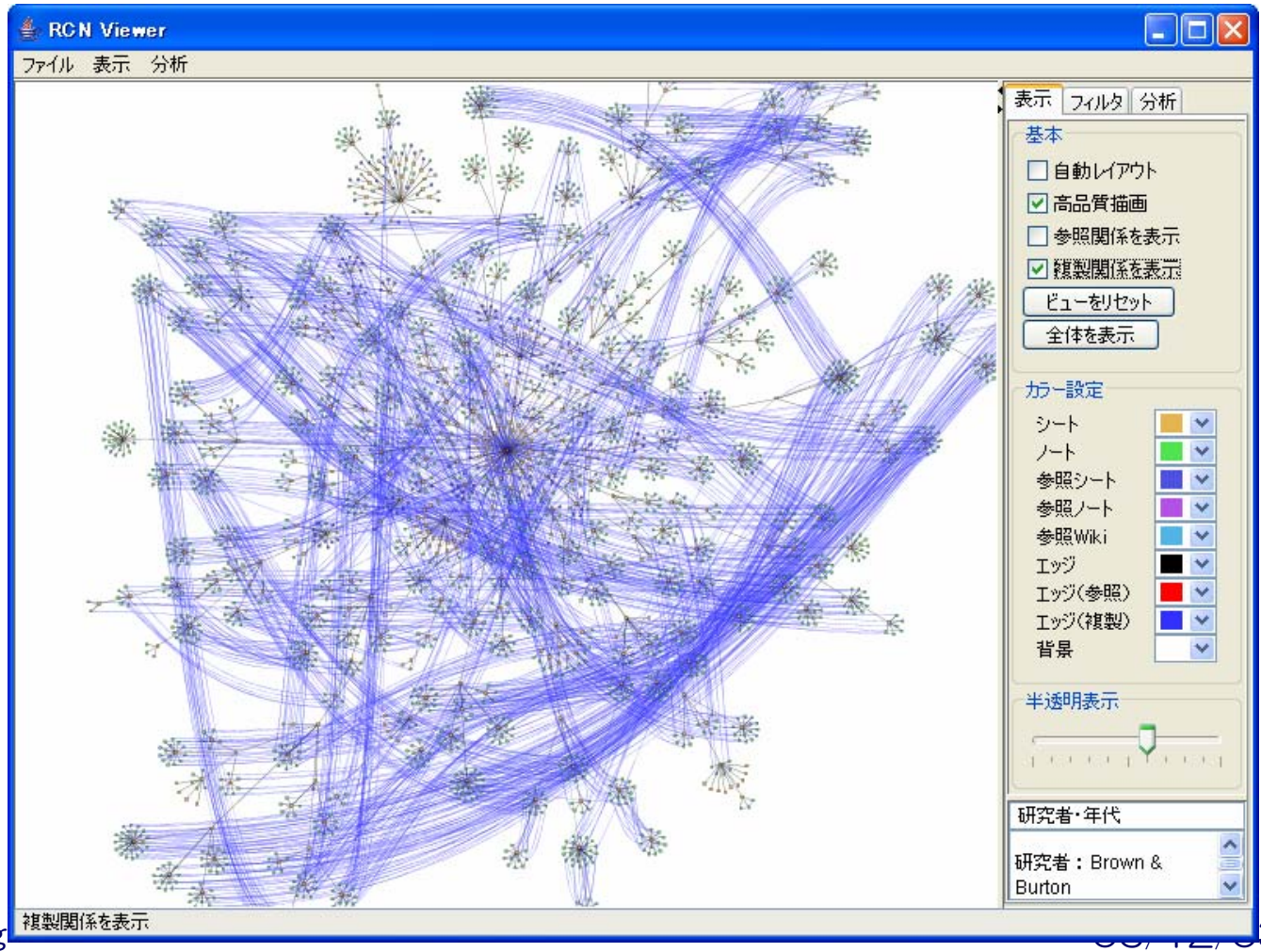
- Support for adaptively utilize outcome from one class to other classes.
- Support of integrating learning outcomes from a set of related courses.
- Enhancement of self-regulatory learning skills to make above activities possible.



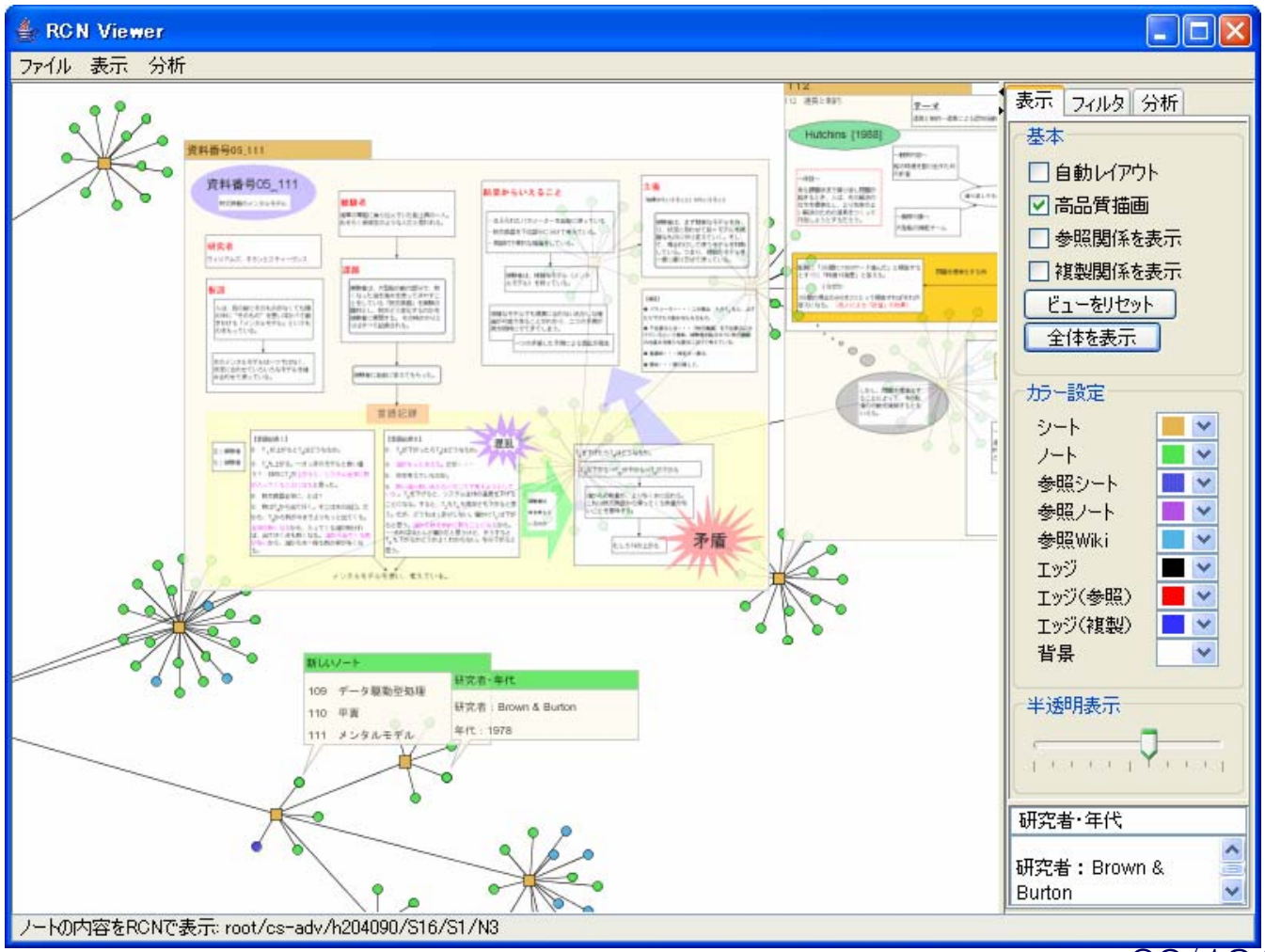
ReCoNote Viewer: overview



ReCoNote Viewer: mutual linking



Growth of individual's



Leaning Sciences

- Create theories of learning, test the theories in practice, and then feed the data with observation into further theorization

"Learning science is to make possible
the kind of learning for everybody
at the level no human has ever experienced"
(Bereiter, 2002)

- Toward designing collaborative supports for integrated knowledge, portable, dependable and sustainable for the future.

Thank you.

Colleagues and students
Yoshio Miyake
Hajime Shirouzu
Shinichi Tanaka

Katsuhisa Yuasa
Yuya Yamanaka
Tomoe Ozeki
Eijiro Tsuchiya
Sayaka Tohyama
Shinnosuke Takahashi
Aki Igarashi

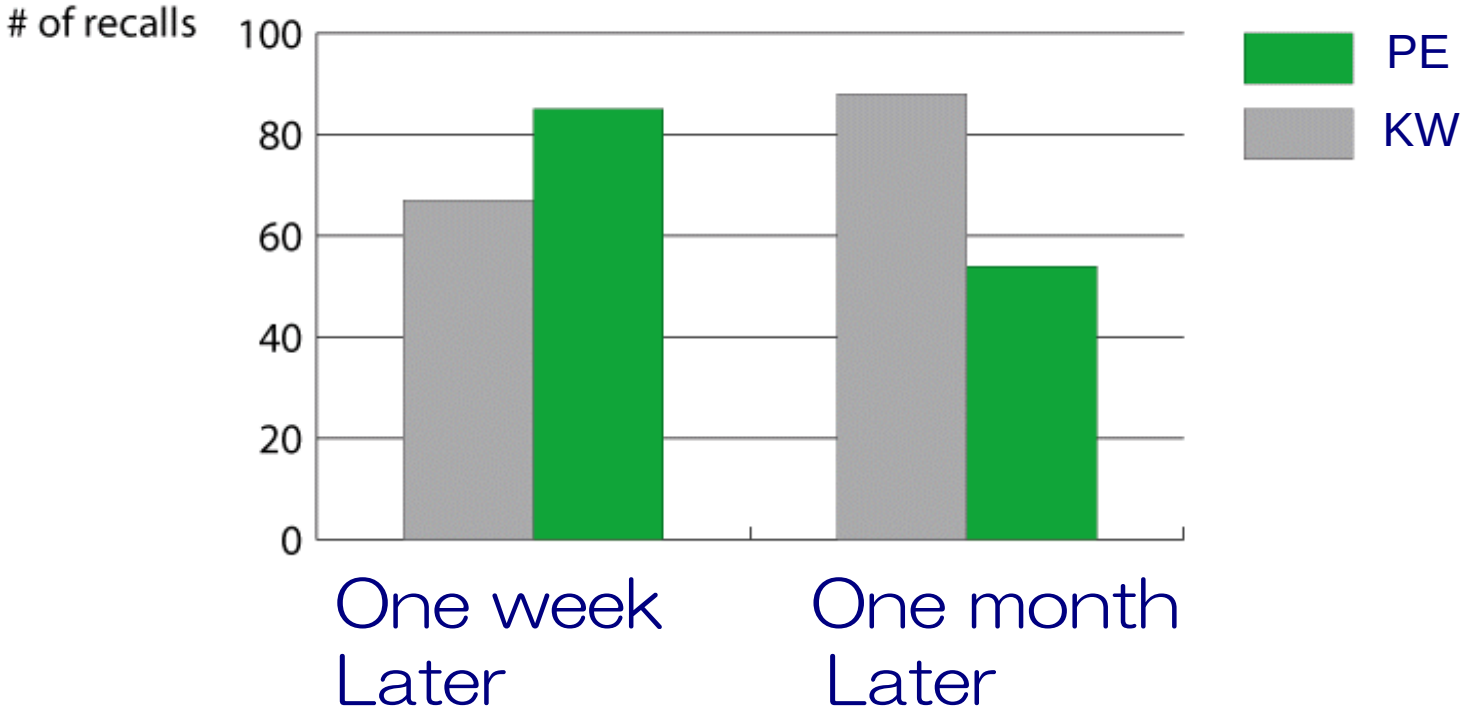
Kayo Uetani

Funded by
JST/JSPS

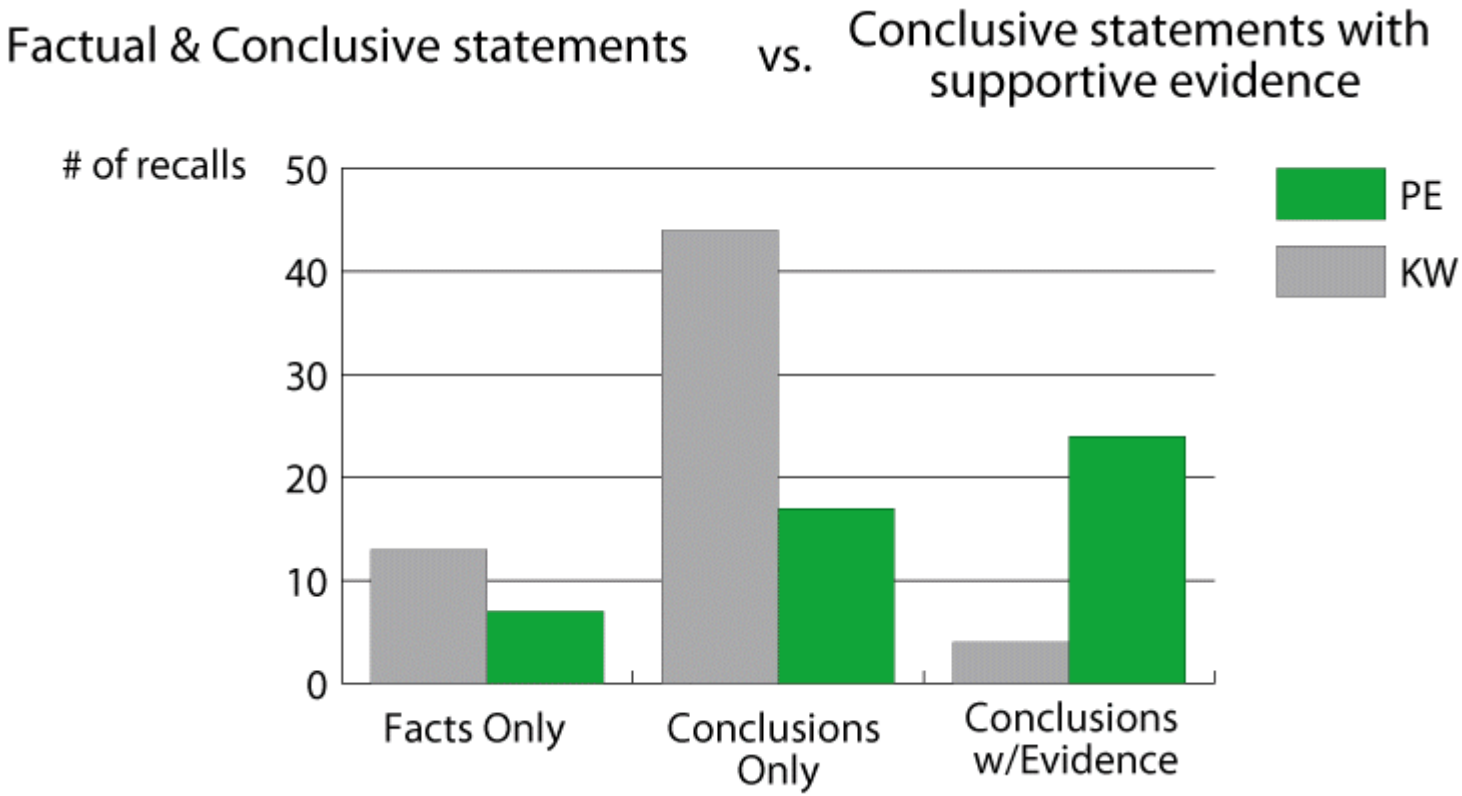
Schema-formation by relating lecture to personal experiences

- Personal Experience Condition
  - "Relate Dr. X's talk to your own experiences"
  - "For example, (E relates to his
- Key Word Condition
  - "Recall Dr. X's lecture using (your own) keywords."
  - (By showing pre-set keywords) what do you recall with these?

Total recall



再生内容 – 質的比較



Collaborative reflection

- Read text
- Explain to others
  - Supported by ICT
- Relate others' explanations to one's own
- Explain the integrated explanation to others

. . . . . REPEAT