

「真正資源」を用いた探究活動のすすめ

国立天文台
 縣 秀彦
 h.agata@nao.ac.jp

「すばる」での眼視観測
 1999年9月15日

天体画像処理ソフト
 マカリーMakali'iーの開発と配布

理科教育の課題

- 継続的な関心・意欲を育てる
- 科学リテラシー(科学を理解して使いこなせる能力)の向上

↓

「真正資源」を用いた「探究的な学習」
 によって「自己学習力」を高めよう！
 (「自己制御学習」の積極的導入)

身近主義の誤り

- 具体的な事例
 - 「野球」を学ぶ
 - A 身近主義
 - 草野球・少年野球
 - B 反身近主義
 - 松井秀喜・イチロー
 - 成果大
 - 「宇宙」を学ぶ
 - 暦・時刻・自転・公転
 - 宇宙論・銀河・BH・宇宙人

「心理的距離の近さ」がカギ

探究学習用教材の必要性

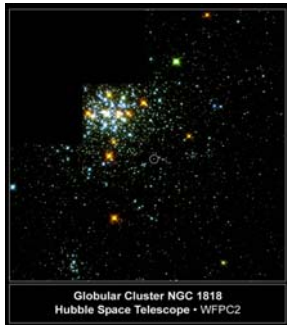
理由: 真正資源を用いた探究学習は、学習者の内容関与的動機を満たすのではないかな？

	大(重視)	充実志向	訓練志向	実用志向
学習内容の重要性		学習自体が楽しい	知力をきたえるため	仕事や生活に活かす
	小(軽視)	関係志向	自尊志向	報酬志向
		他者につられて	プライドや競争心から	報酬を得る手段として
		小(軽視)	学習の功利性	大(重視)
		学習動機の2要因モデル 市川(1995a)より		

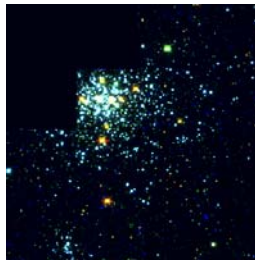
探究学習用教材の吟味

- 真正資源 ... ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡など科学の最先端における最新成果を能動的な学習活動に生かすことの効果
- 専門家からの支援 ... 専門家の視座が教材開発において果たす役割

中学生用HR図作成教材（2001年）

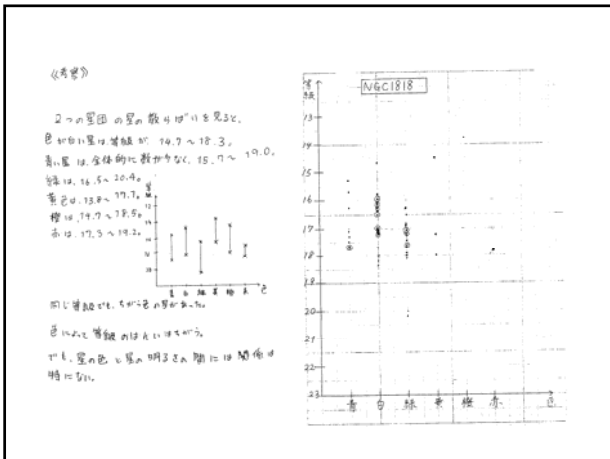
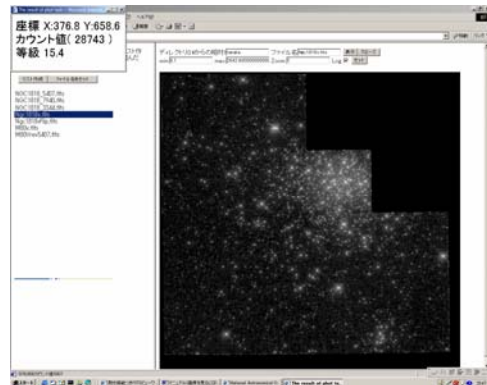


公開画像



色測定用教材
ぼかし画像

画像処理ソフトウェアによる等級測定



生徒の反応（事後アンケートより）

- 授業評価・・・全員が「とても面白かった」または「面白かった」と回答
理由：
 - パソコンで星の等級を調べるのがおもしろかった
 - 自分の作業があったから など
- 画像処理ソフトウェア評価・・・全員が「使いやすかった」と回答

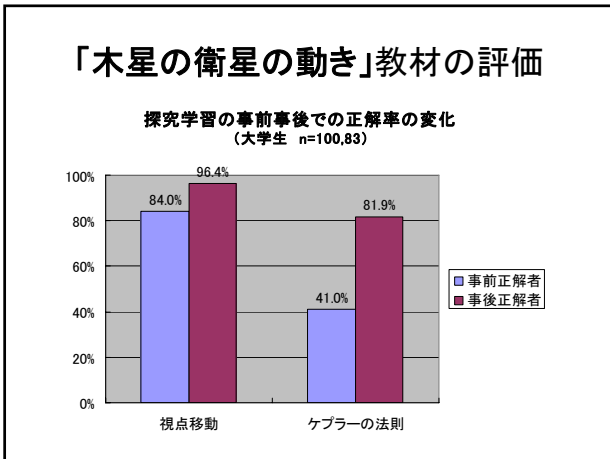
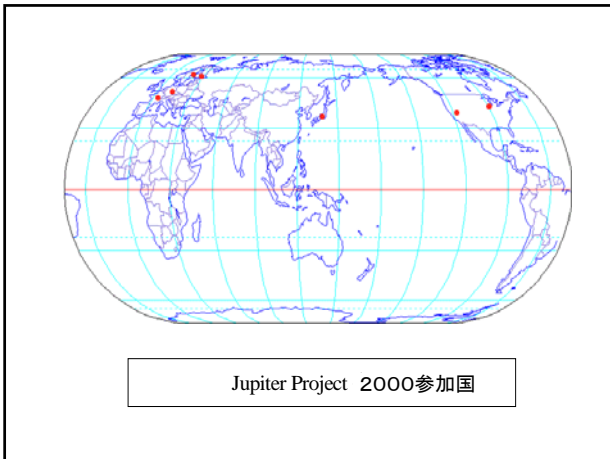
中学生用HR図作成教材 まとめ

- (1) 中学1年対象の星の明るさと色の学習（一斉授業）において、生徒が自らの考察により、恒星の物理状態と進化過程が恒星の多様性と関連することに気づくことはなかった。
- (2) 従来天文に関する学習が被験者に好まれていなかったのに対し、今回の授業は、関心・意欲が高い状態で行われた。その理由としては、作業を取り入れた学習で、実体感をともなったためと推察される。
- (3) 教師の活動(教材開発)を、専門的知識を有する者が支援することで、研究用天体画像を中等教育で利用することができた。

国際観測プロジェクト

「Jupiter Project2000」の実施と教材作成

- 6カ国の高校教師と支援者が共同でケプラーの法則理解のための教材を開発した。
- 大学生、高校生、中学生それぞれを対象に、「木星の衛星の動き」教材を利用し教材の評価を行った。



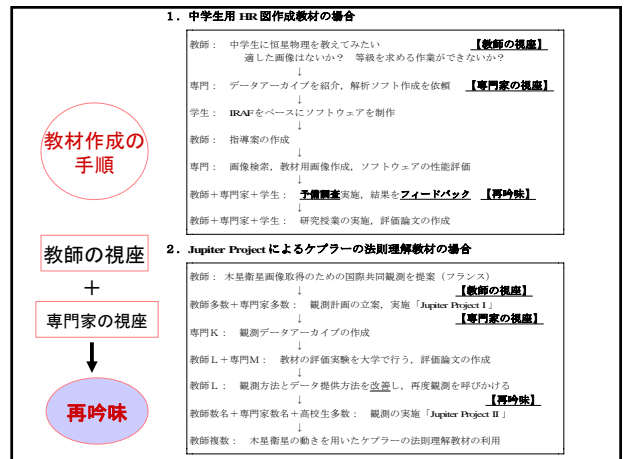
「木星の衛星の動き」教材 まとめ

- (1) 「木星の衛星の動き」教材は、生徒の関心・意欲と知識・理解の観点で効果の高い教材である。
- (2) このプロジェクトでは、教師を研究者や社会教育関係者が支援することで理科教育に関する国際的なネットワークを形成することができた。
- (3) 今後、生徒が直接このネットワークに参加することで、効果的な探究学習が可能であることが示唆された。

2つの実践と考察より

真正資源を用いて探究学習用の教材を開発する場合、次の点に留意することが望ましい。

- 学習の協同性を重視した教材であること。
- 教師と専門家のそれぞれの視座を取り入れることによって科学の概念と科学の教授法の整合性を高めること。
- 教師の実践に基づく再吟味(reflection)を重視すること。



専門家が支援する研究過程の縮図的活動 (RSRLA)

- 1 研究機関滞在型の体験学習
「君が天文学者になる4日間 (君天)」
対象: 高校生
- 2 学校における研究過程の縮図的活動
「Hands-On Universe (HOU)」
対象: 中学生・高校生
- 3 考察とまとめ

「研究過程の縮図的活動」への専門家の支援

- **RLA** (Researcher-Like Activity) (市川, 1995)
 - 社会的な本物の活動の縮図的活動.
 - 学校におけるテーマ学習の一形態 (教師が支援).
- **RSRLA** (Researcher Support for Researcher-Like Activity) (縣, 2003)
 - 真正資源を用いた探究課題を学習者自らが参加して設定する.
 - 課題へのアプローチは現実の研究共同体に共有された課題への取り組み方に従う.
 - 専門家からの足場がけをとまなう.

1 研究機関滞在型の体験学習 「君が天文学者になる4日間」

君天のねらい

高校生たちの研究機関滞在型体験学習の利点は、研究者とふれあい、研究活動の実際を体験することにある。

- (1) 研究テーマの決定から研究の遂行、発表まで、一連の研究活動のすべてを参加者自身に体験させ、研究の醍醐味を味わわせる。(RSRLA)
- (2) 実施後も参加者の研究活動を支援する。



君天での研究テーマ例

第1回(1999年)

小惑星と冥王星の研究

- リニア彗星・ジャコビニ彗星の測光
- 小惑星トータチスの光度変化と自転周期
- 小惑星ジュニイチ・彗星テンペル2の研究

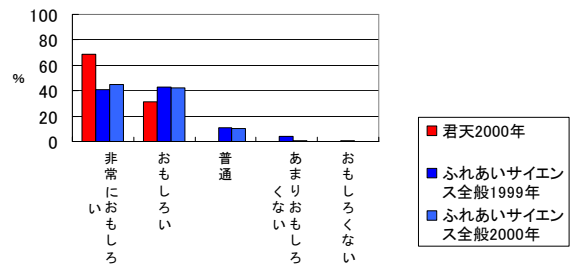
第2回(2000年)

- さそり座デルタ星の増光に伴うスペクトルの変化
- 散開星団M29のHR図
- 銀河群「ステファンの5つ子」の測光
- さそり座デルタ星の分光観測

○印は、君天終了後も継続して研究し、日本天文学会ジュニアセッションにて発表したもの

研究機関滞在型の体験学習 「君が天文学者になる4日間」評価例

内容について



君天参加者が指摘する自己制御学習の効果

	感想文からの抜粋
「見直し」に関する記述	自分で研究テーマを決められて、観測、解析、研究発表までを行えるという点にたいへん感かされた。そして、期待通り充実したハードな4日間だった。
「遂行制御」に関する記述	研究は楽しい。不意な結果がでもスタッフの方は理由を載せてくれない。なぜ？と聞いても、たまにヒントをくれるだけ。そこがまたすごく楽しかった。いろいろ考えて、みんなで語って・・・という作業は本当に楽しい。
「内省」と関連する記述	まさか、同じデータでこれだけ違う発表になるとは思わなかった。とても新鮮だった。また、同じ天文学者や天文を愛する高校生でも、興味の方角、分野はぜんぜん違うんだなと思った。全く、心ときめくシチュエーションが違うのだ。

研究機関滞在型の体験学習

「君が天文学者になる4日間」まとめ

- (1) 君天型体験学習は参加者の満足度が従来の体験学習より高い。
この理由の一つは、研究テーマを自分たちで決め、データを取得し、解析を行い、未だ誰も知らない科学的な結果を導き出すという研究体験が、参加者にとって印象深いためであろうと推察される。
- (2) 体験学習実施後も継続して参加者を指導することにより、さらに高い教育効果が生まれる。

君天型体験学習によるRSRLAは、1つの機関で対応できる生徒数に限りがあるという限界はあるものの、教育効果が高いことが示された。

2 学校におけるRSRLA Hands-On Universeの評価

HOU: カリフォルニア大学バークレー校の天体物理学者が中心になって1992年より始めた科学教育プロジェクト

HOUのねらい

- (1) 国際的な共同学習プログラム
- (2) 新しい発見を目的とした生徒と教師と支援者の共同研究 (超新星探検, 小惑星探検など)

HOU参加国

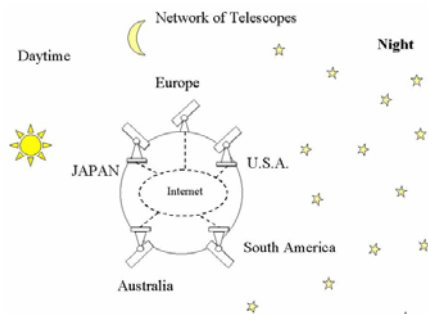
- 米国, スウェーデン, 日本, オーストラリア, ドイツ, フランス, ポルトガル, 英国, ロシアほか
- 参加教師数は約1000名
- 日本の参加者 約70名 (内 教師4割, 支援者6割)

HOUのカリキュラム構成

HOUカリキュラムの内容 (ワークブックの目次から)

- 第1章 画像処理入門
画像処理入門 / CCD画像色をつけてみよう
- 第2章 特徴を見つけよう
宇宙をのぞいてみよう / 月あわせ / 銀河の特徴を調べよう
- 第3章 超新星探検
超新星を探そう / 超新星の探し方 / 超新星を見つけよう / 画像操作にチャレンジ
- 第4章 大きさを測ろう
クレーターの高さを比べよう / 木星への衝突 / ガリレオ衛星を追いかけよう / 画像から大きさを測ろう / 月面の地形の大きさを測ろう / 木星の質量 / ほか
- 第5章 明るさを測ろう
星の明るさの測り方 / 超新星の光度曲線 / 超新星とは / 等級とは / 累乗ゲーム / 等級の求め方 / 星の等級の比較 / 絶対等級 / 星像の大きさを測ろう / ほか
- 第6章 距離を測ろう
距離の測り方 / 距離による明るさの変化を調べよう / 見かけの明るさから距離と光度を求めよう / セフィッド変光星 / ほか
- 第7章 色とHR図
星の色を測ろう / 色と温度を観察しよう / 画像から星の色を測ろう / HR図 / 図に表して分類しよう / HR図を作ろう / ほか

HOUのねらい (国際共同学習, 新発見)



HOU参加生徒にとっての自己制御学習の効果

	感想文・インタビューからの抜粋
「見直し」に関する記述	生徒の自主性を重視してそれぞれがアンサーシートを記入していくやり方がよい。
「遂行制御」に関する記述	専門家のようなことをしていると感じた。超新星探検はHOUカリキュラムの中では一番おもしろいものだった。
「内省」と関連する記述	自分はHOUを実践していて、星のことに興味を持ち、HOUを面白いと思った。もっとたくさんの人にHOUを伝えたい。

HOU参加教師の志向

JAHOU会員の関心（自由記述式アンケートのまとめ）				
	教師	支援者	計	
HOUでやってみたい新しい活動の提案				
新しい独自のカリキュラム作成	3	2	5	
観測実習や見学会の実施	2	2	4	
Web上での教育コンテンツ作り	2	2	4	
社会教育施設でのHOU実践	0	4	4	
HOU教育効果の客観的評価活動	1	2	3	
遠隔操作望遠鏡作り、画像提供	1	1	2	
HOU活動で印象に残っている活動は何か（複数回答あり）				
JAHOUワークショップ（講習会）	4	9	13	
JAHOU集会（国内での実践発表会）	5	8	13	
JAHOU公開授業	3	7	10	
Jupiter Project	4	5	9	
海外の人々との交流	2	3	5	
カリキュラム開発用太陽スペクトル観測	1	1	2	

数字は回答者数（母数は教師が19名、支援者が28名）

Hands-On Universe まとめ

- (1) 専門家支援による研究過程の縮図的活動 (RSRLA) を目指している。
- (2) 共通目的にそって国内外の学校や支援者と継続して交流している学校がある。
- (3) 教師と支援者との共同作業により真正性の高い教材が開発されている。
- (4) 専門家等からの支援が教師自身の教育研究への動機付けとなっている。

3 2つの実践と考察より

- 参加生徒への聞き取り調査・アンケート調査より RSRLAでは、
探究プロセス「見通し+遂行制御+内省」の体験から自己学習力を高める活動が可能である。
- RSRLAで注意すべき点（他の支援活動との比較より）
真正性の高さ
継続指導（事後指導）

理科以外でも効果が期待できる
例えば特に「総合的な学習の時間」での環境教育など

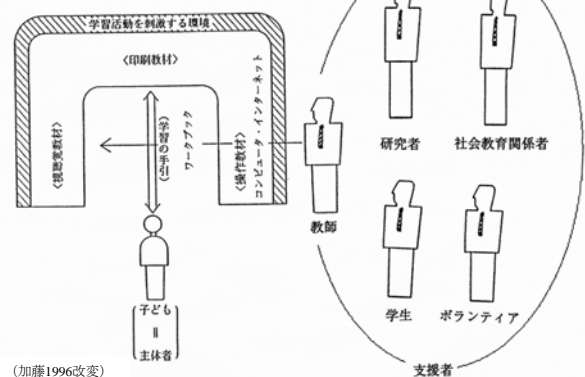
総合的な考察

- 1 インターネットを用いた学びの共同体
- 2 真正資源を用いた学習支援の今後の展望

インターネットを用いた学びの共同体

- 教師と支援者（専門家、大学院生、社会教育関係者、ボランティアなど）が児童・生徒の学習を足場がけする。
- 情報のやりとりは主にインターネットによるので、この学習支援システムを「インターネットを用いた学びの共同体 (Collaboration for Learning with the Internet: 略称 CLI)」と名付ける（縣，本論文）。
- CLIは、継続的な支援活動、教材開発、RSRLAなどを促進する。

CLIのイメージ



インターネットを用いた 学びの共同体 (CLI)

	「学びの共同体」	「インターネットを用いた学びの共同体」
「学びの共同体」(佐藤, 2000)と「インターネットを用いた学びの共同体」の比較		
活動場所	学校	学校に限らない
範囲	地域	地域～国内外
学習支援者	教師, 地域住民, 保護者	教師, 研究者, 学生, 学芸員ほか
学習形態	教師が指導する共同学習	LSAR (RSRLAなど)
カリキュラム構成	「主題・探求・表現」モデル	主題にそった探究学習

天文教育CLIの考察より CLI発展への提案

- (1) 教師の研修制度の拡充・教師のゆとり
- (2) 学習指導要領の柔軟な運用・学校裁量のカリキュラム枠の拡大
- (3) カリキュラム・教材作りのための資金提供方法の見直し

2 真正資源を用いた学習支援の今後の展望

- 大学・研究機関＋社会教育施設＋学校の連携
 - 「専門家」をリソースとした教育・普及活動の展開
 - 出前授業, 出前実験(サイエンス・レンジャーなど)
 - 地域における学校を核とした「学びの共同体」
- インターネットを利用した教材開発と教材配布
- RSRLA実施を促す施策の検討
- CLIの発展

結論

- 初等中等教育への学習支援において,
- (1) 専門家と教師が, 児童・生徒の自己学習力の育成に役立つような探究学習用教材を共同で開発する.
 - (2) 中学生・高校生の自己学習力育成のため, 専門家が支援する研究過程の縮図的活動を学校内外で実施する. 以上2点の効果が確認された.
- 真正資源を用いた学習支援においては, 専門家と教師による「教育のための共同体」形成が必須であり, インターネットを用いた学びの共同体の形成がさまざまな教育分野で促進されることが望ましい.