

## 教科教育キャリアアップフィールド

# 金星の継続的観察を取り入れた 惑星の運動に関する中学校理科授業の実践

郡上市立高鷲中学校 加藤 一郎  
理科教育専修 川上 紳一

### 要旨

中学校理科第2分野における惑星の運動の学習において、生徒自身による観察を重視した授業実践を行った。2005年8月ごろから2006年1月にかけて金星は宵の明星として、観測には絶好条件を迎えた。この期間の後半では金星は地球に近づいてくるため視直径が大きくなり、金星と太陽と地球のなす角が小さくなるため大きく欠けていった。また、日没時における金星の高度も次第に低下した。

こうした変化を継続して観察させるため、生徒一人ひとりに天体望遠鏡組み立てキット（スピカ）を与えて授業時間中に作成し、天体望遠鏡を用いた観察を行うよう指導した。また、その研究授業を2005年11月1日に行った。この授業では、金星の形と満ち欠けのしくみについて、モデルを用いて学習する取り組みを指導した。

生徒が継続的な観察を行った時期は2005年9月下旬から10月にかけてであり、この期間は金星が南へ移動するような動きを示した。こうした金星の南への動きが、太陽の日周運動の経路が秋から冬にかけて南へ向かい、南中高度が低下していることと関連していることを探求する授業を実践した。

キーワード：理科教育、惑星、金星、天体望遠鏡、中学校

keywords: science education, planet, Venus, telescope, junior high school

### 1. はじめに

中学校理科の学習内容に「地球と宇宙」という単元がある。この単元の学習のねらいは、身近な天体の観察を通じて、地球の運動について考察させるとともに、太陽の特徴及び太陽系についての認識を深めることである（文部省、1999）。具体的には、(1) 太陽や星座の日周運動を観察して、これらの現象が地球の自転による相対的運動であることを捉え

させること、(2) 季節によって星座の位置が変わることや季節の変化を、地球の公転運動や公転軌道面に対する地軸の傾きと関連して捉えさせること、さらに、(3) 太陽、恒星、惑星とそれらの動きについての観察を行って、観察記録や資料に基づいて、太陽などの恒星や惑星の特徴を理解させ、惑星の公転と関連づけて太陽系の構造を捉えさせるといった内容が含まれている。

「地球と宇宙」の単元は、生徒にとっては理解しにくい単元であり、教師にとっては教えにくい単元であるという調査が多くだされている。こうした状況を少しでも改善するために、生徒の学習意欲を引き出し、興味や関心を高め、知的好奇心を啓発するような指導法が求められてきた。とりわけ、実験や観察を重視した取り組みが望まれているが、生徒一人ひとりに継続的に天体の様子を観察させ、観察事実をもとに授業を展開できる実践力のある教師の育成は重要な課題となっている。

岐阜県教育委員会と岐阜大学教育学部が連携した現職教員12年目研修コースEZT051411「中学3年金星の満ち欠け」(担当教員：川上紳一)は、金星の継続観察を取り入れた指導のあり方を検討し、実際の中学校の授業で実践して、有効性を検証し、さらなる指導法の工夫を目指すなどの取り組みを通じて、現職教員の指導力、実践力を高めることを目的としている。

## 2. 金星の満ち欠けの継続的観察指導

この単元では、天球上における惑星の動きや見え方を観察し、惑星の公転運動を理解させることがねらいの一つとして掲げられている。惑星は大きく地球型惑星と木星型惑星に分類されるが、地球の内側をまわる惑星を内惑星、外側をまわる惑星を外惑星と呼ぶこともある。実際に惑星の動きを観察するには、動きの速い惑星が都合がよい。もっとも動きが速いのは太陽にもっとも近い軌道を公転する水星である。しかし、太陽から近いことから観測条件は、日没直後や日の出の直前に限られる。近くに山がある場合や地平線近くに雲が立ちこめると観測できないこと、水星の光度はあまり大きくないことなどから、薄明の空のなかでみつけることは容易ではない。

一方、木星や土星の公転運動はゆっくりし

ているので、星座のなかでこれらの惑星の動きを調べるには長い期間にわたって継続して観察をしなくてはならない。火星は比較的太陽に近く、地球との相対運動の関係でみかけ上逆行するように見える時期がある。しかし、これも継続的な観察をしなくてはならない。

こうしたなかで金星の動きはもっとも観察しやすい対象である。夕方金星が太陽からもっとも離れた時の太陽との距離を東方最大離角というが、東方最大離角から金星と地球と太陽がそろそろ内合まではわずか3ヶ月であり、日ごとに金星の位置と形の変化が観察できる。したがって、金星の動きの観察が課題としては適当であると判断される。

金星の動きと形の変化について、観察を重視した授業実践には、山田ほか(2001)、渡辺ほか(2002)、山田・川上(2006)がある。これらの実践では、生徒一人ひとりに天体望遠鏡組み立てキット(スピカ)や双眼鏡を与えて、継続的観察を促している。

一方、前田(1990)は、金星の動きと満ち欠けの観察から惑星の公転運動を理解させる目的で、コンピュータソフトウェアを開発している。前田(1990)の作成したソフトは3つからなる。一つは、地上の観察者に対する金星の日周運動を理解するためのものである。2つ目は球に光を当てた場合、光源と球と観察者の関係によって照らされた部分の形が変化することを理解するためのものである。3つ目は、これらの学習のあとで、金星の動きと満ち欠けを理解するためのものである。これらは金星の動きと満ち欠けという観察を、太陽のまわりの惑星の公転運動という高次の概念で説明するうえでたいへん有用なものである。ただ、できるならばシミュレーションではなく、実際の天体の動きを観測した方がよい。こうしたシミュレーションは観察結果、あるいは学習内容の確認

をする授業で、復習として活用すると大きな効果が期待できる。

一方、和歌山大学教育学部附属中学校では、1996年にみさと天文台における金星観察をインターネットで接続して遠隔授業を行っており、金星画像をリアルタイムで視覚することで、生徒たちの興味や関心が高まることを報告している（みさと天文台・和歌山大学教育学部附属中学校情報委員会、1996）。

このように、金星の動きや満ち欠けの観察を取り入れた授業実践には、さまざまな取り組みがある。本研究では、継続的な観察という課題に対する動機づけとして、天体望遠鏡組み立てキット（スピカ）を生徒一人ひとりに与え、授業中に作成したあと、各自が自宅で観察を継続するような指導を実践することにした。

### 3. 研修内容と授業実践

#### (1) 研修の内容

金星の観察を取り入れた単元指導計画の作成は、現職教員12年目研修の中心的課題と位

置づけた。

2005年7月26日に第1回目の研修を行って、これまでの授業実践事例の研究を行った。このときに、天体望遠鏡組み立てキットを組み立てて、生徒が授業時間内に完成させられるかどうか、作成作業に必要な道具、天体望遠鏡を用いた観察における問題点の洗い出しなどについて検討を行った。

第5回目の研修は2005年8月24日に実施し、こうした作業を踏まえて9月以降の単元指導計画と研究授業の指導案の骨子を明確にした。研究主題は、「自分で考え、判断し、追及する生徒の育成」とした。

#### (2) 授業の展開

「地球と宇宙」の単元は2005年9月にはじめてからはじめられた。9月の授業で、天体望遠鏡組み立てキット（スピカ）の作成と観察の仕方について授業を行った。このとき、観察カードを生徒一人ひとりに配布し、金星の動き、望遠鏡で見た金星の形をスケッチするよう指導した。図1に生徒が作成したスケッチの例を示す。

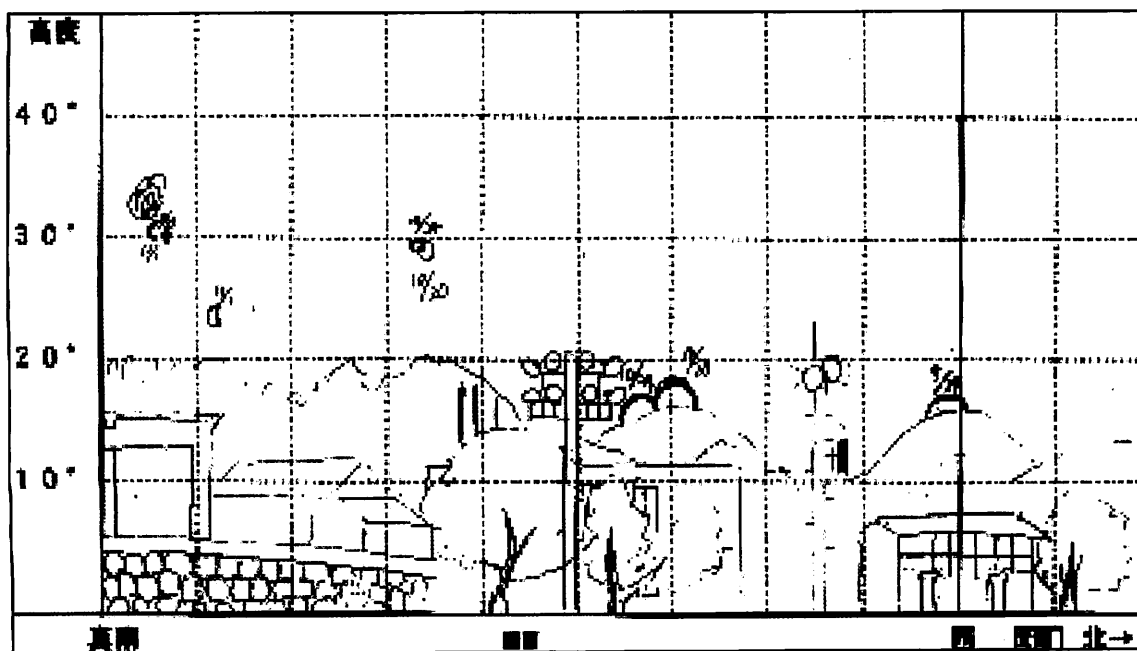


図1. 生徒が作成した金星の観察結果の例。

その後の授業では、太陽の日周運動について、透明半球に記入させる作業などをとりいれた授業を行った。10月中旬までの観察結果を授業時間中に調査したところ、ピントの合わせ方が不十分な生徒や、なかなか金星を観察できない生徒が少なからずいることが明らかになった。こうした実践状況を岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）が運川している岐阜大学関係者、博物館関係者および現職教員などで情報交換を行う電子メールのメーリングリストを活用して意見交換した。その結果、放課後に生徒を校庭に集めて金星観察会を実施すると効果があるというアドバイスをいただいた。

生徒を集めた観察会は、2005年10月27日に実施した。この観察会には岐阜大学から川上が観察指導に赴いた。約半数の生徒が観察会に参加し、望遠鏡の扱い方や観察のポイントについての理解を深めることができた（図2）。

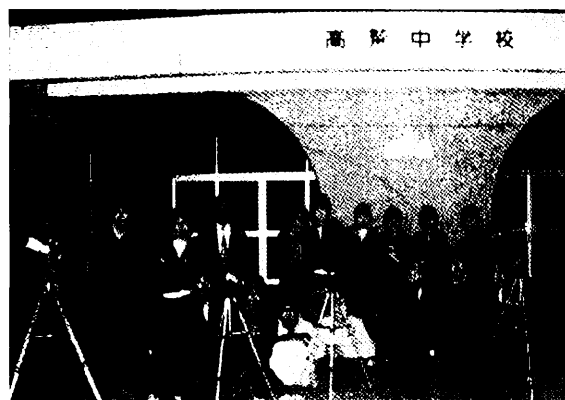


図2. 10月27日の観察会に集まった生徒たち。

### (3) 研究授業の実践

2005年11月1日には、高鷲中学校の校内研究発表会が開催され、金星の満ち欠けに関する研究授業とその後の研究会が実施された。この授業は加藤と高井の2名の教師によるチームティーチングで行われた。生徒の希望に応じて、机上のモデルで金星の満ち欠けの

しくみを探求するグループと、多目的ホールでボールを用いて金星の大きさの変化を探求するグループに分かれて授業を行うことにした。前者のグループは加藤が、後者は高井が指導した。

まず授業の導入で、それまでに観察してきた事実を交流しあい、確認する時間をとった。そして、おのおののグループの課題が何であるかを確認した（図3）。次にグループごとに約25分間の活動を行った（図4）。その後再び教室に集まってそれぞれの活動でわかったことを、交流の場で発表しあった。

授業後の研究会では、授業の展開の仕方やまとめ方について、さまざまな意見がだされた。この授業実践の特色は、金星の動きや満ち欠けについて、生徒一人ひとりが継続的

(a)



(b)



図3. 教師の課題提示 (a) に対し、考えを交流する生徒たち (b)。



図4. モデルによって金星の動きを学習する生徒たち。

に観察することをベースにした取り組みであり、指導計画についてはほぼ当初の目的は達成されたものと考えている。ただ、2つのグループに分かれて活動した点については、おのおの活動がどのようなものであったのかを相手のグループにわかるように説明するという点では、時間的な制約もあって消化不良ぎみであったことは残念であった。

#### (4) 金星の南への動きに関する探究

さて、研究授業では、中学校段階での授業実践で通常行われる金星の形と大きさの変化が内惑星としての金星の動きによるものであることを理解するという内容で行った。しかし、内惑星としての金星固有の動きが顕著にみられるのは、研究授業が終わったあとの2005年11月10日ごろから2005年12月末までの約2ヶ月間であったため、こうした時期よりも前に金星の形や大きさについての学習を進めなければならないことには歯がゆさが残った。継続観察の結果を生かした探求がなんとかできないものか、実際に生徒たちが観察した2005年9月から10月にかけての金星の動きは、日没から一定時間後に比較すると、ほぼ同一高度を保ちながら、どんどん南へ移動しているように見えた。実際、生徒の観察記録には、「前に見たときより南に見えた」と

いった記入が多くみられた。

そこで、せっかく継続的観察を行って気づいた事実を大切に、そこから生じた疑問を科学的に探求する過程を重視して、11月9日の授業1時間を割り当てて指導を試みた。

授業の導入では、「金星はなぜ南へ移動しているのか」という課題を提示した。この課題について、生徒たちの考えはさまざまであった。金星と地球の公転する速さが違うからというもの、公転軌道にずれがあるから、地球の地軸が傾いているためであるから、冬になると太陽が南へ傾いていくことと関係があるから、日没の位置が南にずれるから、といったさまざまな意見が出た。

こうした意見を踏まえて、生徒たちはすでに透明半球で太陽の日周運動の経路や日没の位置が南へずれていることを学習しているので、透明半球上で太陽のすぐそばをまわる仮想的内惑星の動きがどのようなものであるかを調べたらどうかと教師側から提案を行った。

図5は、A子の描いたスケッチである。こ

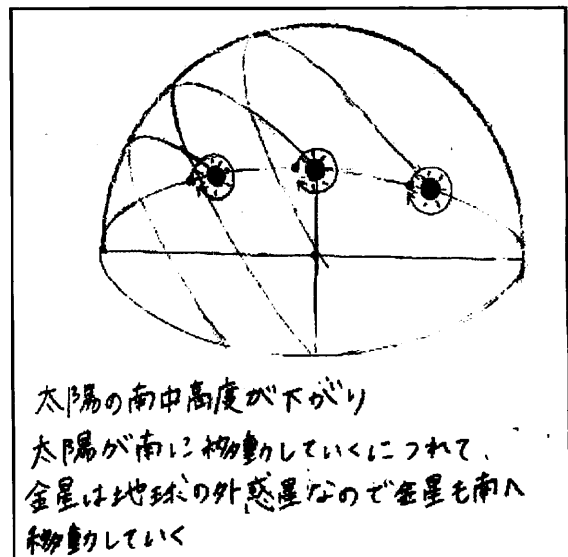


図5. A子が作成した太陽のそばを公転運動する惑星の見え方を記入した図。惑星は太陽の年周運動とともにみえる場所が変化していることが示されている。

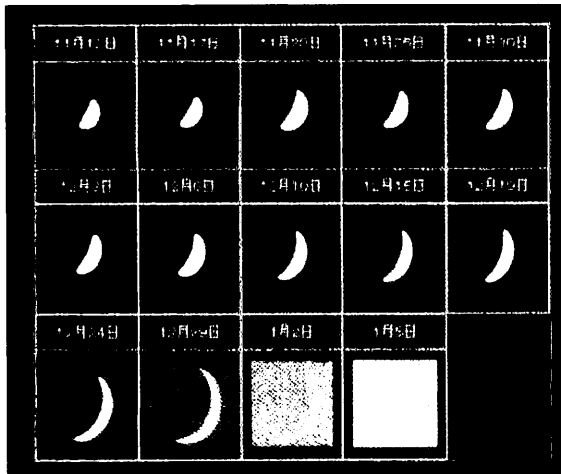


図6. 天体望遠鏡で撮影した画像に見られる金星の形と大きさの変化. 岐阜大学教育学部屋上の天体観測ドームで撮影.

うしたスケッチには、太陽が南へと移動していることに対応して、仮想的内惑星の位置が変化していることが示されている。多くの生徒は、透明半球を使った学習と、前の時間で行った内惑星として金星の動きを振り返り、A子と同様になぜ金星が南へ移動したのかを、太陽の日周運動の経路や日没の位置の南への動きと関連づけて理解することができた。

#### (5) 岐阜大学川上研究室からの授業支援

生徒たちに金星の継続観察を行わせるには、指導する教師側も同じような観察を行って、生徒一人ひとりが観察するように促すような働きかけが重要である。

岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）では研究室のプロジェクトとして、web教材「理科教材データベース」の構築を通じて、現職教員の授業設計や指導における支援を進めている。

小中学校の「地球や宇宙」の単元の学習支援では、月、金星、火星などの天体の写真撮影を頻繁に行って、インターネット掲示板「学びの広場」やweb教材「理科教材データベース」の特集として公開している。

今回の授業実践にあわせても、岐阜大学

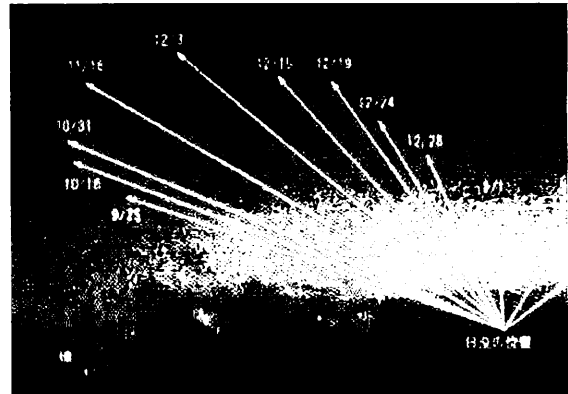


図7. 日没から40分経過した時間における金星の位置と日没の位置を矢印で結んだ図. 日没の場所は日ごとに変わるので画像をずらして一点に合わせている.

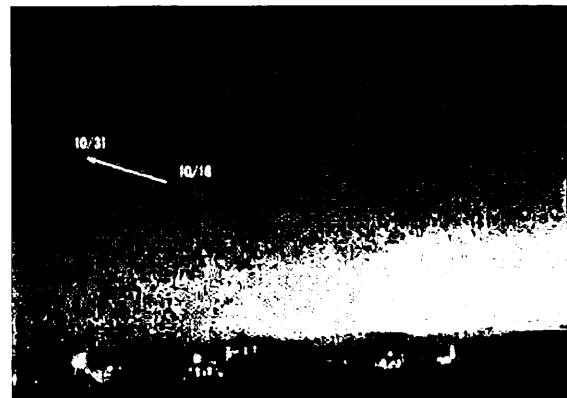


図8. 10月16日と10月31日の間における日没の場所と金星の位置の変化をそれぞれ矢印で示したもの. 太陽も金星も南へ移動していることがわかる.

教育学部屋上の天体観測ドームに設置されている口径27センチのニュートン・カセグレン望遠鏡と浜松フォトリクス冷却 CCD カメラ C5801を用いて金星の天体望遠鏡画像を蓄積した（図6）。また、金星の位置の変化についても、日没の位置をそろえることにより太陽との位置関係が変化している様子を示した（図7）。

さらに、高鷲中学校の生徒たちの観察にあわせて、太陽の沈んだ場所と金星の位置が月日とともにどのように変化したかも画像で示した（図8）。

こうした画像を掲載することで、毎日同じ場所で、日没から一定時間経過した時間に観察するといった、金星観察における注意点を確認していただくことや、岐阜大学からはどのように見えているのかを参照できるようにした。

このほか、2005年10月27日の高鷲中学校での観察会および2005年11月1日の研究授業および研究会に12年目研修の担当教員である川上が出席し、学校訪問による支援も行った。

#### 4. 授業および研修結果の評価

本研究におけるオリジナリティは、金星の位置が9月から10月にかけて、見える場所がだんだん南へずれていっていることをテーマにした授業の実践である。こうしたテーマは、中学校段階の指導内容から大きく逸脱するという見解もあるだろうが、生徒が一定期間、金星を継続的に観察したことがあってはじめて提起できる課題であり、授業で実践して中学生の学力で消化できる内容であるかについて研究してみる価値のある課題であると考えた。

そこで、授業実施後に生徒にアンケートを行って、課題に対する動機づけが十分であったか、また、学習内容の理解度はどの程度だったかを追跡調査した。

授業の出席者35名のうち、金星が南へ移動したわけについて、調べてみたいとおもったかという問いについては、とてもそう思った生徒が4名(11%)、そう思ったが17名(49%)、どちらともいえないが11名(31%)、そう思わなかったが3名(9%)であった。この結果からは約60%に達する生徒が主体的に課題を調べて見たいと考えていたことがわかった。

一方、理解できたかという問いについては、とてもわかったが17名(49%)、だいた

いわかったが、わからない点もあるが15名(43%)、わからなかったが3名(9%)であった。

わかったと答えた生徒の理由としては、太陽につられて動いていることがわかったから、透明半球における金星の動きでわかった、仲間に教えてもらってわかった、予想通りだった、といったものがあげられる。

わからなかったと答えた生徒は、いつもより難しかったから、金星の動きが年によって違うということが、わけがわからなかったといったものがあった。

こうした調査結果から、次のような点が示唆される。まず、生徒たちがそれまでに自分で観察してきたことから課題をつくったので、多くの生徒が調べてみたいという意欲をもった。また、観察を踏まえての課題提起だったため、予想以上に多くの生徒が自分の考えを持ち、多様な考えを交流することができた。

金星の南への動きを太陽の動きの学習に関連づけた考察によって、2つの学習内容が有機的に結びついて理解させることができたことは大きな成果だと考えられる。

今後の課題としては、金星の位置については丁寧に観察したが、太陽の沈んだ位置についての観察事例が少なかったこと、金星の動きが太陽に引きずられるようにいつも動いているということをしっかり確認するようなまとめ方が不十分だったため、「だいたいわかったかが、わけがわからない部分があった」といった感想が少なからずでてしまったことが改善点である。

#### 5. おわりに

今回の授業実践における大きな成果は、天体望遠鏡(スピカ)を生徒一人ひとりに与えることで、クラス全員の生徒が主体的に継続

的観察に取り組むことができたことである。こうした活動を踏まえて、2005年9月から10月の金星の南への動きを課題として授業を行った。従来の指導ではほとんど行われていない発展的な内容を含んだものであったが、継続的観察に基づいて気がついたことを課題にしたことで、生徒たちからさまざまな考えを引き出し、それまでの学習を振り返りながら、理解を深める学習を指導できた。

こうした授業実践は、研修を受講した現職教員の課題意識を大学の研究室で共有し、実際に見られる自然現象を踏まえて適切な課題を発掘して授業実践することで達成できたものである。今回の研修を通じて、岐阜大学川上研究室と高鷲中学校の日常的連携の糸口ができたことも大きな成果となった。

謝辞。本授業実践は、高鷲中学校高井篤教頭とのチームティーチング授業として実施したものである。また、本研究は、文部科学省特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」の公募研究「生物・地学・環境分野におけるデジタル教材の開発と初等中等教育現場での教育実践研究」（研究代表者川上紳一、研究課題番号17011035）の研究費の一部を使用して実践した。ここに記して感謝いたします。

## 引用文献

- 前田稔（1985）マウスによる金星の満ち欠け。学習情報研究，5，48-51.
- みさと天文台・和歌山大学教育学部附属中学校情報委員会（1996）金星の満ち欠け（96年2月20日火曜日と22日木曜日授業で）。<http://www.ajhs.wakayama-u.ac.jp/doc/ken/kinsei.htm>.
- 文部省（1999）中学校学習指導要領（平成10年12月）、大日本図書。
- 山田茂樹・川上紳一・上田康信・江川直（2001）金星の観察を取り入れた惑星の運動に関する中学校理科授業の実践、岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）、26，No.1，61-72.
- 山田茂樹・川上紳一（2006）中学校における博物館やプラネタリウムを活用した野外観察学習、岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）、30，65-76.
- 渡辺進武・川上紳一・上田康信・江川直・山田茂樹（2002）天体望遠鏡（スピカ）とインターネットを活用した中学校理科金星の満ち欠けの指導：内合前後の観察を通じて、岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）、27，no.2，95-103.