

英語で地学の授業を行う試み Part2

—ある火星年代記—

A Geoscience Class lectured in English Part2

— A New Martian Chronicles —

岡 本 義 雄

*OKAMOTO Yoshio*

附属天王寺中・高 研究集録 第58集（平成27年度）別刷

平成28年3月 発行

Bulletin of the Tennoji Junior & Senior High School

Attached to Osaka Kyoiku University

No.58 (March,2016)

大阪教育大学附属天王寺中学校  
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

# 英語で地学の授業を行う試み Part2

## —ある火星年代記—

おか もと よし お  
岡 本 義 雄

抄録：本校に勤めた15年の間に様々な国際学会での研究発表を経験して、科学における英語の主幹言語としての重要性を痛感してきた。しかし、日本の理科教員や高校生にとって英語での科学の授業を経験したり、国際学会に参加することにはとても高い壁が存在する。これらの背景に鑑み、5年ほど前から地学の授業で高校生に英語で授業する試みを行ってきた。本年は、2年生の地学基礎の通常授業の1時間を英語で行うことを計画した。パワーポイントを用いた授業はすべて英語を用いて行った。授業を構成するのは次の3つのテーマである。1) 火星における「クレータ年代学」、2) 火星の生命の可能性、3) 本校の過去の地学部の活動。そして何よりもこの授業の目的の1つは筆者の地学教員としての英語授業スキルの向上である。この授業を通して、生徒は1) 太陽系のハビタブルゾーンに存在する地球の兄弟惑星としての火星、2) 単純で原始的な研究手法が外惑星の最先端の謎に挑めること、3) 自然科学における英語の主幹言語としての重要性。などを学ぶことができる。生徒による授業の評価は、授業直後のアンケートによって行った。授業の目的自体はほぼポジティブに評価された。当日のパワーポイントの概要、配布資料など関連資料は、本稿の最後に添付した。

キーワード：火星、クレータ、隕石、表面年代、ハートマンダイアグラム、高校生、英語

### 1. 研究の背景と目的

本校に勤めて15年の間に様々な国際学会での研究発表を経験して、英語の重要性を自分の目と耳と肌で痛感してきた。せっかく日本の教育現場では様々な優れた取り組みがなされているにもかかわらず、それらの実態が世界ではほとんど認識や考慮されていない現状を見て愕然とする思いがした。逆に教育関連の国際学会で発表される内容は、私の目から見れば、日本で数10年も前に話題になっていた陳腐な内容も多く、日本の優れた教育技術や分析がなぜ伝わっていないのかを考えると、すぐに英語の壁を思い知るに至った。さらにこれらの理科教育系の国際学会には国内で優れた教材開発や授業実践に携わっている日本人の姿が本当に少ない。もちろん現在の教育場における忙しさを考えると、わざわざ大金を叩いて世界に打って出る必要性など二の次になるのはよくわかる。しかし教育研究が専門であるはずの大学や研究機関などの理科教育や筆者の専門である地学教育の関係者の少なさにも驚いた。おそらくかなりの予算がこの分野で教育関連として割かれてい

る現状を鑑みても、日本の理科教育関係者の英語発表の敷居の高さ、英語の壁の厚さを痛感する思いがした。

一方で、SSH (Super Science High-school) 指定以後の本校の生徒による研究発表では英語を用いた取り組みがどんどん進みつつある。中には英語の教員顔負けの見事な英語で研究発表の質疑に生徒が答える風景も散見されるようになってきた。ICTの導入時がそうであったように、手段としての英語の使用においても生徒の側の活用が教員の側の準備を乗り越えていく可能性ということが現実味を帯びてきている。

高校時代に英語はいつも定期テストで欠点を取り、理科系には英語など必要ないとずっと信じていた筆者がそもそも英語に打ち込んだきっかけは、もちろん、少し自分の専門の勉強の幅を広げようとすれば、英語の文献を当たらなければいけないというごく普通のことにより研究の途中で遅まきながら気づいたことが挙げられる。しかしそれよりも大きかったのは、清水の舞台から飛び降りて参加した初めての国際学会で、自分の英語力のなさに打ちひしがれたこと。そしてちょうどそのころ、たまたま上の娘が大学受験に差し掛かり、通っていた英会話学校の払い込み済みの授業を受ける権利が、家族であるの私に転がりこんできたことにある。早速週1回のペースで夜その英会話学校に通うなかで、それまでの英語に対する恐れやアレルギーがきれいに取れ、年齢50歳にして英語を猛烈に勉強する熱意が湧いてきたのを鮮明に覚えている。願わくば、1) SSH 授業を選択した高校生には国際的な研究発表にも臆せず取り組める力量と自信を得ること。2) それ以外の一般の生徒にも、学校の授業科目としての地学を別の視点から見てもらう機会を設けること。3) さらに英語を勉強するモチベーションを別の科目の中で育てることができないか などと考えて始めたが本稿の試みのオフィシャルな理由である。しかし、4) 実のところは自分の英語スキルを高めたいというのもいつわらざる本音でもある。そういう経緯で5年ほど前から年に一度くらいの頻度で様々な試みを行ってきたが、本稿では2015年11月末に高校2年生の「地学基礎」の授業で行った試行と事後のアンケートの分析を行い今後の展望を考える。

なお、今年度に英語をオーラル言語として用いた授業として、ほかに9月に選択「地学」の授業で高校3年生に筆者のインド国際学会参加+地学巡検の模様を紹介したもの、また12月に昨年に引き続きタイと日本の高校生交流イベントの一環としての神戸・淡路震災モニュメント野外巡検(昨年の研究集録の筆者の記事参照)がある。通常の地学の授業ではこのほか、様々な形で英語の文献や資料を日常的に授業補助教材として用いてきている。これらの目的も上記のとおりである。

## 2. 英語授業の概要

本年度の授業は、たまたま12月の期末考査の直前に1時間分だけ時間が残ったため、次の範囲に進むのも中途半端という理由で、飛び込みで1時間分の地学の内容の英語の授業を急遽組み立ててみた。内容は数年前に本校地学部が2011年のSSH研究発表全国大会で科学技術振興機構長賞をもらった研究発表の内容(中嶋ほか, 2011)に沿って、その前後に筆者と地学部の共同作業で行った研究内容を追加して紹介する内容とした。この英語授業のひな形はすでに数年前にSSH対象生徒の前で30分程度の英語プレゼンとして発表した内容をベースにしている。授業の組み立てはパワーポイント(以下PPTと略

す)にまとめた、授業内容に沿って、主にPPTのスライドの英語を読んで、さらに幾つかの点を補完する説明をそのつど挟む形で行った。これらの説明はあらかじめ用意したものではなく、生徒の反応を見ながらのアドリブで構成されている。したがってこの部分は4クラスの授業では、展開や説明の仕方を授業ごとに色々と試行してみた。さらにPPTには要所で英文の簡単な質問を用意した(後述)。この質問には日本語で答えてもよいことにした。また生徒用の机上資料として、火星隕石に関する英文資料(Meteorites From Mars,NASA,1999)のプリント(火星隕石の質問に対する解答として途中配布)、後述するPSI(Planetary Science Institute,惑星科学研究所)ニュースレターに記された、本校地学部の火星表面年代測定の実習と受賞の英文記事のコピーのプリント、の2枚を配布した。さらに、専門用語として頻出する単語についてのみ、その日本語訳との対応をスクリーン横の黒板に拡大印刷したものを表示した。これらの資料を本文巻末に添付資料として示すので参考にされたい。

### 3. 授業の詳細

授業科目:「地学基礎」

授業日:2015年11月27日(金)

対象生徒:高校2年生全クラス

次に今回の授業の詳細を記す。

#### 0) 授業まで

この種の研究的な授業の実践においては、あらかじめ生徒のモチベーションや期待を十分に高めることが重要だと考えている。そこで次のような動機付けを行った。

- ① この授業は生徒のための勉強というよりも、授業する筆者の英語の勉強のためであることをまず告げる。
- ② にもかかわらずそのような授業を行うのは、これが本校が理念とする先進的な授業実践や研究の一つの機会であり、本校生はそうした授業に協力を行うことを入学時に宣誓しているということ。
- ③ あと20年もして、生徒たちの子供たちが高校に入学するころには、日本の先進的な高校での自然科学の授業の半分は英語で行われるようになっていだろうという私の予想を告げる。
- ④ まったくインセンティブがなければ授業をまじめに受ける気なくなるかも知れないので、直後の試験に10点分ほど、この授業の内容を出題すると伝える。

などからなる。もちろん半分はやや冗談交じりの話ではあるが、生徒にとっての動機付けには役立ったと実感している。次に授業の詳細に移る。

#### 1) 導入

導入は2冊の本を紹介する。1冊は本稿の副題ともなっている、SF作家レイブラッドベリの1950年代の作品「Martian Chronicles」。もう1冊は本稿の研究を通じて親しくなった米国の惑星科学者の草分け的存在のW.K.Hartmann博士による「Travelers' Guide to Mars」(2003)である。

## 2) 「クレータ年代学」の紹介と原理の説明

次に「クレータ年代学」を紹介し、その原理を説明する。説明には本校地学部が2011年の発表で用いたPPTのアニメーションを借用する。クレータの多くできた表面は古く、数が少ない場所は新しいことがすぐに理解できる。「クレータ年代学」はそれまで未知であった月の表面形成年代を明らかにし、さらに1960年代末に始まったアポロ計画で、持ち帰られた月の岩石の年代からこの手法の正しさが立証された過程にも触れる。

次に月面写真を示し、

### 「Q1. クレータの多少以外に何か特徴はないか？」

という問いで、単にクレータの多少だけでなく、そのサイズと個数分布に注目させる。これは答えるのが意外と難しかったようだ。次に地震におけるサイズと個数分布を示し、サイズと個数分布が似た分布になることを確認、この月表面のクレータのサイズと個数の関係は、「べき乗則」と呼ばれる両対数グラフで直線になる有名な関係で、地震のサイズと個数の関係も同様の関係になること、さらに自然現象のみならず、経済社会現象にもこれらの「べき乗則」(Power Laws)が多く見つかっていることにも簡単に触れる。

## 3) Google Moonを用いた「クレータ年代学」の実習紹介

「クレータ年代学」の具体的な実習例として2009年度に、筆者が本校教育研究会の研究授業で行った月の表面の「クレータ年代学」の実習を紹介する。ここで生徒の実習によって、クレータが密集した月の高地は形成年代が古く、クレータが少ない月の海の部分は形成年代がやや新しいことを説明する。そして火星への応用へと話を進める。

## 4) 火星への「クレータ年代学」の応用

ここからは前掲のHartmann博士の論文の手法をたどる。そして2011年の地学部の研究発表に至る本校地学部の手による独自の「クレータ年代学」による火星表面年代の推定の成果を織り交ぜる。地学部は特に若い火星表面を捜したことを紹介。

まず火星表面の地図 Google Mars の図を比較。

### 「Q2. どちらの写真の表面が古いか新しいか？」

これは誰でも簡単にわかる図で、火星でも月と同様の手法が使えることを示す。次に火星表面の画像精度が荒い Google Mars ではなく、最新の2006年末から観測を開始したNASAの観測衛星 Mars Reconnaissance Orbiter の撮影画像を用いたことを紹介する。

### 「Q3. なぜ若い表面の年代を測定しようとしたのか？」

が次の質問。もちろん答えは若い火星表面の方がクレータが少なく数えやすいから。これは結構容易に答えられたクラスもあった。この結果測定した1000万年から1億年の表面形成年代のグラフを紹介する。

## 5) 火星の年代の妥当性：火星起源の隕石の話

これらの「クレータ年代学」が妥当な年代を出しているかどうかは、間接的な推定であって、実は確定的なことが言えない。なぜなら月とは異なり、我々は火星にまだ行ってないから。-----しかし1つだけ可能性がある。

### 「Q4. 実はすでに我々は火星の岩石を地球上で手にしている！一体それはなぜか？」

これが next question.

「隕石」と正解を答えてくれたクラスもあった。実は火星の隕石がすでに主に南極で見つかっていることを紹介。どのようにして火星表面の岩石が地球まで届いたのかを漫画で説明。次にそれがなぜ火星起源と考えられるかの4つの理由を提示。さらにそれらの隕石の年代が若いことを紹介。つまり火星に応用された「クレータ年代学」はそれほど間違っていない可能性があることを示唆。ここで、

「Q5. このような大変稀有で幸運な出会いのことを英語で何と言うのか？」

と英語の知識に関する質問。これは少し難しかったようだ（答えは巻末添付資料）。

さらにこの手法の応用として、火星表面に多く残された河川地形の作られた年代を専門家が調べた論文の結果を紹介する。この部分のみ手法の詳細はややこしいので、日本語による説明を交えた。その結果、残念ながら火星表面に大量に水が存在したのは、火星の表面進化のかなり早い段階（約35～38億年前）に過ぎず、その後火星表面から大量の水が失われた可能性が高いことを告げる。

そこで、英語最後の質問を投げかける。

「Q6. この事実は火星の生命の進化にとって Positive か Negative か？」

もちろん答えはネガティブとなる。では状況は絶望的なのか？そこで本校地学部の2011年の研究の出番となる。

## 6) 本校地学部 2011 年 SSH 全国研究大会研究発表「火星のあばた×えくぼ」（於：神戸国際会議場）の紹介

本校地学部の発表は、Hartmann ダイアグラムを用いた、火星の表面年代のうち、クレータの少ない若い地表を4か所選んだ年代測定（上記ですでに紹介）結果を提示、さらに進めて、それらの地域とは別にランパークレータと呼ばれる特異な形状のクレータに着目した。このクレータは本来のクレータの周囲に目玉焼きの自身の部分のようなエンベロープ状の盛り上がりを持つ点が他のクレータとは異なり、さらにこのような形状のクレータは今のところ火星表面にしか見つかっていないという特徴がある。地学部はこのクレータのエンベロープ部分のクレータ分布を用いた年代測定を試みたが、ここで重要な発見をする。すなわちぼんやりとした輪郭を持つやや大きなクレータ群とシャープな輪郭を持つやや小さいクレータ群とがあり、それらのサイズ-頻度関係は、Hartmann ダイアグラム上で別々の年代を持つプロットに分かれることに着目した。これがランパートクレータのエンベロープが隕石衝突時の地下の氷の融解による水と岩石の融合体の吹き出し（イジェクタと呼ばれる）により形成されたとする、それまでのランパートクレータ形成の先行研究を進展させたモデルを考え、これを“お好み焼き仮説”と名付けた。すでに古いクレータが形成されている古い表面上に薄いイジェクタが重なったとする仮説で、これは鉄板にお好み焼きの小麦粉と水の融合体を撒いた様子とよく似ているのでこのネーミングを行った。これによりぼんやりとした輪郭のクレータ年代が古く、シャープなクレータによる表面形成年代が新しいということを説明できたとするモデルであった。

## 7) 最後に結論

地学部の研究によれば、火星の表面にあった大量の水の一部は今も火星表面の地下に氷

の形で残されている。すなわち火星生命は地下にまだ生きていることを暗示するところで彼らの研究は終わる。地学部を使った手法はクレータカウントという極めて原始的な方法であるが、それが最先端の惑星科学の発見につながるという新鮮性を伝えたかった。

これら一連の地学部研究の紹介のあと、地学部メンバーの写真、クレータの読み取りの様子を紹介。最後にプロローグに移る。

#### 8) プロローグ

私と地学部の共作の「火星年代記」物語はこれで終わらなかった。地学部がSSH研究会でJST理事長賞をもらったということを、報告すべく筆者は2011年12月、AGU(American Geophysical Union)のFall Meetingでの自分の研究発表を終えたあと、学会会場のあるサンフランシスコから、飛行機で2時間のアリゾナ州ツーソンまで飛んだ。すでにメールで報告を終えていたが、私がサンフランシスコに行くことを知ったHartmann先生がわざわざ彼のオフィスである、PSI(Planetary Science Institute, Hartmann先生などが設立した惑星科学のためのNPO法人)に私を招待してくれたのだ。本物のカクタス(サボテン)を見せてわざわざ先生愛用の白のプリウスで私を砂漠に案内していただいたことや、泊まっていたホテルのレストランで先生と朝食を取っていたときに、ホテルの若いウエイトレスから日本語を勉強しているので、私の日本語をチェックしてくださいなどと頼まれたツーソン滞在中のできごと、滞在最後の夜にHartmann先生に、ちょっと日本人の経営じゃないかと一目でわかる寿司屋につれて行ってもらったエピソードなどを最後に生徒に紹介した。

以上が、英語で行った授業の詳細である。これで大体40分。最初の導入の数分と、最後のアンケートの配布と回収のみ日本語で行った。

#### 4. 授業のアンケート結果と考察

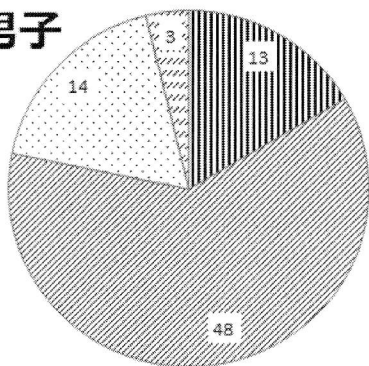
授業の評価を行うためと、生徒の受け止め方を知るため、授業開始時にアンケートを配布し、授業後に記述させた。アンケートの質問用紙と回答の総数の表を巻末に添付する。それぞれの質問への回答の結果は以下のとおりである。なお、今回はアンケート準備など時間の制限もあって、英語の授業全体への理解や関心にとどまり、授業内容そのものへの理解や関心の程度を調べる詳細な質問項目は用意できなかった。また、アンケート回答総数は159名である。

アンケート結果のうち、本授業の授業評価に関する部分のみのグラフを、男女別に次に載せる(円グラフのラベル数字は回答の総数、また凡例の回答番号は○数字ではなく、通常の数字となっていることに注意)。

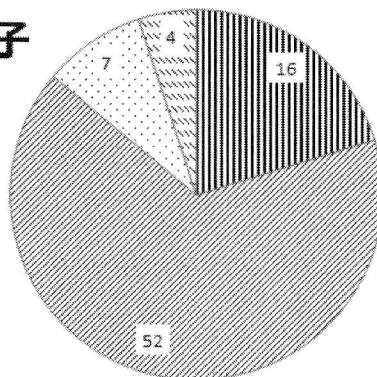
<今回、地学の授業を英語で行ったことについては、英語の勉強になりましたか？>

- ① とても勉強になった
- ② どちらかというとならなかった
- ③ どちらかというとならなかった
- ④ 全然勉強にならなかった

男子



女子

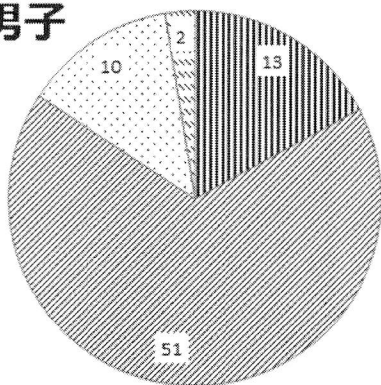


■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4

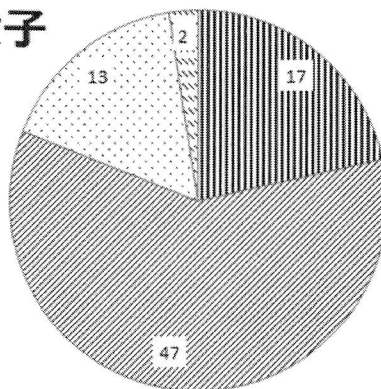
<今回、地学の授業を英語で行ったことについては、地学の勉強になりましたか？>

- ① とても勉強になった
- ② どちらかというとならなかった
- ③ どちらかというとならなかった
- ④ 全然勉強にならなかった

男子



女子



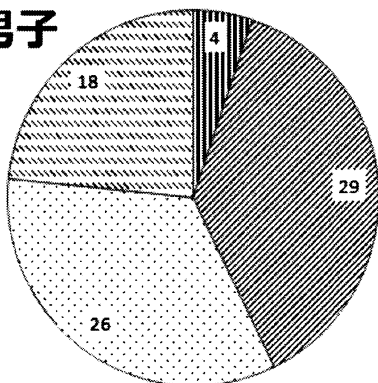
■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4



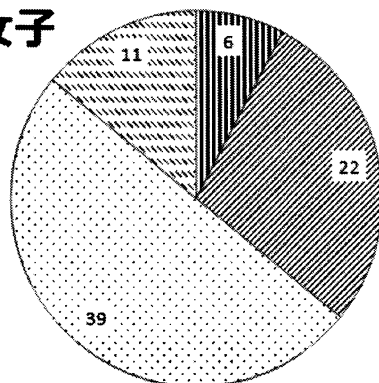
<これからも地学の内容を英語で授業することを希望しますか？>

- ① とても希望する
- ② どちらかという希望する
- ③ どちらかという希望しない
- ④ 全然希望しない

男子



女子



■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4

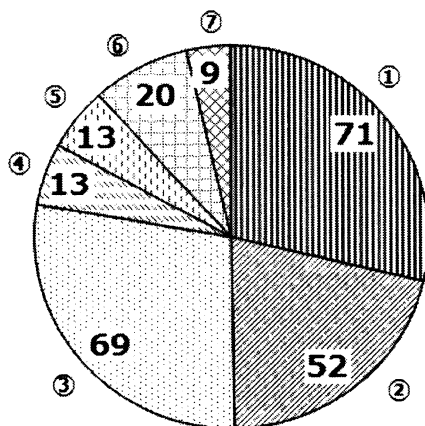
<もし今後も地学の授業を英語で行う機会があれば、次のどのような内容を期待しますか？> 複数回答可

- ① 教師が英語の資料を用いて英語で授業を行う。
- ② 教師が英語の資料を用いて日本語で授業を行う
- ③ 英語の地学の内容の講演や映画などを見る。
- ④ 生徒が自分たちで英語で授業の内容を発表する。
- ⑤ 授業の内容を巡って生徒同士で英語で議論を行う。
- ⑥ 地学の内容のテストの一部を英語で行う（長文和訳や英作文）。
- ⑦ 地学の内容に関する英語のリスニングテストを行う。

結果は右のとおり。円グラフの中の数字が回答数（このアンケートは1つ前の質問時に英語授業を希望しないと書いた生徒の結果も含まれている）。

これを見る限り①、②、③のニーズが特に高いように思える。特に①の希望が半数近くに上ることや、⑥の支持も若干あるのも興味深い。

授業直後のアンケートであり、授業者に対する excuse が多分に入っていることは差し引いて考える必要があるが、英語あるいは地学の勉強になったと答えた生徒は、「大変」と「ど



ちらかという」との両方のポジティブな評価が全体で3/4を越える良好な結果となった。しかし、これからも英語の授業を期待するかという問いに対しては、1/3から半分弱程度の生徒しかポジティブな回答を出さなかった。この点の分析がこれからの課題である。

これに関して、グラフには載せなかった細部を元のアンケート資料に遡って見てみると、これからも英語授業を続けてほしいという生徒は、英語あるいは地学が好き、あるいは成績が良いと答えた生徒が多数を占め、また全然希望しないと答えた生徒の大部分も英語あるいは地学が嫌い、あるいは成績が悪いと答えた生徒が多いこともわかった。両者には明らかな相関が存在することがわかった。ただ英語が好きあるいは成績が良いと答えた生徒の数が、今後の英語授業を全然希望しないと答えているのはネガティブな意味で注目に値する。英語好きな生徒の一部は筆者の英語力の足りなさに満足できなかったのではないかと想像している。ただ、同じように英語好きな生徒の大部分がポジティブな評価を寄せてくれたり、授業後にもとてもよかったと直接感想をもらった生徒もいることもあり、この部分の結果はやや複雑な感想の反映であると考えている。

上記結果より、この種の授業を定期的に行うには、他の問い（教科の好き嫌い）との関連から、全員必修ではなく3年の地学選択授業であれば、より生徒のニーズにも合致して効果的ではないかと考えている。その観点から来年度の3年の選択授業において、続きの授業とその効果を調べてみたい。

次に自由記述の部分から、授業に対するポジティブな反応とネガティブな反応の主な記述を抜き出す。（何らかの自由記述を書いた生徒は、総数159名中、122名であった）。

#### <ポジティブな記述>

まずポジティブな反応として、

##### A組

- ・地学を英語ですることが新鮮で楽しかった。
- ・もっと難しいと思ったが意外と理解できてよかった。
- ・先生の実体験をまじえて授業しているので面白かったです。
- ・もっと面白くないのかなと思っていただけ、ちょいちょい訳が書いてあったりして少しだけ理解できた。英語の勉強をしないといけないと思わされた。
- ・やはり自分には英語力はないが、何が言いたいかニュアンスでわかった。
- ・グラフや写真がたくさんあって分かりやすかった。

##### B組

- ・思っていたより英語が聞き取れました。
- ・先生ほんとにすごいです。尊敬します。
- ・英語の方がなぜか日本語より集中して聞けました。
- ・途中で日本語を少しはさんでくれたのでなんとかついていけてよかった。

##### C組

- ・時々わからなくて置いていかれたが、案外推測できた。
- ・専門用語さえわかれば、ある程度内容が理解できるものなのと思った。
- ・スライドが少しごちゃごちゃしていた気がします。でもちゃんと聞き取ることができて

ある程度理解できたので良かった。

- ・写真が多くて見やすく英語もほぼ聞けたのでよかった。
- ・思っていたよりも分かりやすい英語で8割ほどは理解することができたと思う。
- ・情報量は日本語の授業より少ないかもしれないと思ったが、英語の勉強にとともなった。
- ・発音はそんなにうまくないけど、ちゃんと英語で考えれてる感じがしました。
- ・SSH すごいことをしているなあと思いました。

D組

- ・知らない単語が多かったので勉強になった。
- ・クレータで年代測定できるのが面白かった。
- ・地学の内容も自分の知っている単語で話せるんだなって思いました。
- ・先生が楽しそうでよかった。
- ・とても分かりやすく興味深い授業でした。続編を楽しみにしております。
- ・クレータ年代測定が正確なのが驚きだった。
- ・新鮮な授業だった。新しい発見があった。
- ・英語を理解してかつ地学も理解しないといけないのでとても大変だったが、力がついた気がする。

<ネガティブな記述>

一方ネガティブな記述内容を抜き出すと、

A組

- ・スクリーンに写した内容や、難しい単語の意味を配布プリントにしてほしかった。
- ・途中から難しくなってきたききとれなくなった。
- ・単語がときどきわからなかった。もっとイラストやアニメーションの説明がほしかった。

B組

- ・説明でよく出てくる単語は黒板に貼るだけでなく、プリントにして配布してほしい。
- ・最初は英語を理解しようと集中して聞くことができたが、だんだん知らない単語が出てくると英語が聞けなくなった。
- ・地学的用語が多いので難しかった。

C組

- ・日本語と違って、一回意味を考えなければならないので疲れた。
- ・資料を日本語にして英語で行う授業が一番わかりやすいと思った。単語のプリントもくばってほしかった。

D組

- ・英語がわからなかった。難しかった。
- ・英語難しいです。日本語の授業の方がうれしいです。
- ・英単語が難しかったです。

全体を通して、ポジティブな記述は比較的具体的な内容が多く、ネガティブな記述は漠然と難しいという内容や感想が目立ったように思える。

短期間で準備したにもかかわらず、全体としてはそれなりの評価が得られた理由として筆者は次の点を考えている。

- ① 生徒に関心のある火星の地形と生命にまつわる話題であったこと。
- ② 英語で授業を行う意味を事前にきちんと伝えておいたこと。
- ③ 生徒にとって身近な、同じ高校の先輩の研究を紹介したこと

などが挙げられると思う。いずれにしても、短時間の準備かつまた思いつきの授業であったにも関わらず、生徒全般の評価はまずまず良かったと自負している。上記結果を次回の試みの参考にしたいと考えている。

#### <期末テストの問題による授業内容確認>

その他、評価のための追加として、期末テストにおいて、この授業内容の一部を以下の形で出題した。ただ、後述するように正答率など正確な量的検討ができていない。

V. 地学の2学期最後の授業で行った英語授業の内容について、次の問いに答えよ（3点×3＝9点）。

問い1. 本校地学部は火星の表面の年代を主にどのような方法で測定していたか？次から1つ選べ。（正解は④）

- ① 火星の様々な場所の反射光のスペクトルの変化のデータから年代を測定していた。
- ② 火星の様々な場所での探査機による地層の断面画像を調べて、表面の年代を測定していた。
- ③ 火星起源の隕石のかけらをNASAから入手して、放射性年代測定法で測定していた。
- ④ 火星の衛星画像からクレータのサイズと個数をカウントして、ハートマンダイヤグラムで推定した。

問い2. 火星から来たと思われる隕石はなぜ火星から来たと考えられるのか？次の事項のうち関係ないものを1つ選べ。（正解は②）

- ① 隕石の年代測定では、ほかの普通の隕石より、はるかに若い年代が出る。
- ② 隕石には火星表面にしか生えていないコケがくっついていて。
- ③ 隕石に含まれるガスが、昔、火星探査機が観測した火星の大気組成と似ている。
- ④ 隕石が火成岩でできていて、通常の隕石を構成する岩石であるコンドライトとは異なる。

問い3. 火星の隕石はどのようにして、地球に運ばれたと考えられているか。次からもっとも適当なものを1つ選べ。（正解は①）

- ① 火星の表面に隕石が衝突して、飛び出した岩石が脱出速度を越え宇宙空間に浮遊していたものが、地球の引力に引かれて地球に落ちてきた。
- ② 火星の表面で大きな火山爆発が起こり、それで吹きだした溶岩がそのまま宇宙空間を飛行して地球に到達した。
- ③ 火星が大昔、地球にぶつかったときに、その破片を地球上に残した。
- ④ 火星の隕石だと思われているものは、実は火星の岩石に組成の良く似た溶岩を噴出するアフリカのある火山の溶岩だった。

上記のような簡単な内容記述を選択肢から選ぶ問題とした。結果は正答数の検討を失念していて、量的評価ができていないが、おおむね授業の内容を理解していたことと示す結

果となったことを付記しておく。

## 6. さいごに（謝辞に代えて）

高校2年生は、地学は選択授業ではなく、全員必須の授業なので、授業者の都合で英語の授業を全員に行うことへの反発を当初は心配したが、授業を行う意味をきちんと事前に伝えることができたので、生徒の反発はほとんどなかった。筆者の勤務の関係で9月より本校で授業を担当始めたこの学年では初めての試みであるが、特に英語を好きで勉強している生徒のなかから、この試みがとてもよかったと歓迎するコメントも終了時に聞いた。生徒諸君には拙い筆者の英語授業に付き合ってもらって感謝している。

また本研究のきっかけとなった研究を創始された Hartmann 博士には、突然の見知らぬ日本の地学教員からの問い合わせメールにもかかわらず、その日のうちに温かい励ましの返信をいただいただけでなく、何度となく、地学部の研究への貴重なアドバイスをいただいた。くだんの筆者の訪問の際にはわざわざ深夜のツーソン空港まで出迎えていただいて、滞在中の食事まで全部面倒を見ていただいた。宿泊費用はすべて PSI からの支出で賅われた。またアリゾナ州の地学的に興味深い各所に自ら運転する白の TOYOTA プリウスで案内していただいた。日本からはほんの気持ちばかりの手土産を持参した。日本風のれんに、多数の鶴と亀が描かれたものであった。もう 80 歳を越えてなお矍鑠とされている Hartmann 先生のさらなる長寿を祈念のためにと用意し、先生にもその絵柄の意味を説明して喜んでいただいた。この訪問のあとさらに Hartmann 先生は勤務する PSI のニューズレターに本校の授賞の話と、私の PSI 訪問の話を 2 度にわたって記事にいただいた。この記事を手紙に添付する。生徒の活動と授賞を紹介した記事の方は印刷して当日の生徒配布資料 No.2 とした。

なお、本稿のような高校生を対象とした「クレータ年代学」を火星に適用する試みは、本校卒業生で現在神戸大学附属中等教育学校教諭山本拓弥氏（本校 50 期生）によって、高校生向け課題研究として再度試みられている。この成果も見守っていきたいと思っている。本授業実践および関連研究は、平成 27 年度「青松会」研究助成金の補助を受けています。感謝し記します。

### <引用・参考文献>

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎地学部（中嶋菜衣・小林修平・尾澤ちづる・石川尚子・亀田夏帆・伊須田遼）：「火星表面年代 = あばた×えくぼ」，平成 23 年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会発表 PPT，2011

レイ・ブラッドベリ：火星年代記，小笠原訳，ハヤカワ SF 文庫，2010

W.K.Hartmann：Travelers' Guide to Mars, Workman Publishing Company, pp450, 2003

NASA：Meteorites From Mars, August 1999,

URL：<http://ares.jsc.nasa.gov/education/FactSheets/metsfrommars.pdf>

Hartmann, W.K., 2005. Martian cratering 8: Isochron refinement and the chronology of Mars. *Icarus* 174, 294-320.

Caleb I. Fassett, James W. Head III, 2008 :The timing of martian valley network activity:

Constraints from buffered crater counting, *Icarus* **195**, 61-89

William K. Hartmann : Japanese School Adapts PSI Crater Count Dating System, Wins Prize,  
*PSI NEWSLETTER* Vol.12, No.3, 6, Fall 2011

Alan Fischer and Bill Hartmann : Prize-Winning Japanese Teacher Visits PSI, *PSI NEWSLETTER* Vol.12, No.4, 2, Winter 2011

巻末追加資料 :

- ① 当日事後アンケート
- ② 当日の配布資料 + PSI ニュースレターで紹介された本校関連分
- ③ 当日の授業PPT (引用の確認できなかった図ははずしてある)

<添付資料その1 (当日配布回収のアンケート)>

2015/11/27

2015年 地学 英語授業アンケート

地学科 岡本 義雄

今年度は、英語で地学の授業を行う試みをしました。以後の取り組みの参考と、この授業に関する研究報告を行うため、以下のアンケートに教えてください。なおアンケートだからと言って、よそ行きにいいことばかり答えなくて結構です。ありのままの意見をお願いします。

1. あなたのクラスと性別は  A  B  C  D  男  女
2. あなたは英語が好きですか ( )
  - ① 大変好き
  - ② どちらかという好き
  - ③ どちらかという嫌い
  - ④ 大変嫌い
3. あなたの英語の成績は？ ( )
  - ① とてもよい
  - ② どちらかというよい
  - ③ どちらかという良くない
  - ④ 大変よくない
4. あなたは地学が好きですか ( )
  - ① 大変好き
  - ② どちらかという好き
  - ③ どちらかという嫌い
  - ④ 大変嫌い
5. あなたの地学の成績は？ ( )
  - ① とてもよい
  - ② どちらかというよい
  - ③ どちらかという良くない
  - ④ 大変よくない
6. 今回の地学の授業を英語で行ったことについては、英語の勉強になりましたか？( )
  - ① とても勉強になった
  - ② どちらかという勉強になった
  - ③ どちらかというならなかった
  - ④ 全然勉強にならなかった

③, ④の人は理由があれば理由も

( )
7. 今回の地学の授業を英語で行ったことについては、地学の勉強になりましたか？( )
  - ① とても勉強になった
  - ② どちらかという勉強になった
  - ③ どちらかというならなかった
  - ④ 全然勉強にならなかった

③, ④の人は理由があれば理由も

( )

8. これからも地学の内容を英語で授業することを希望しますか？ ( )

- ① とても希望する    ② どちらかという并希望する  
 ③ どちらかという希望しない    ④ 全然希望しない

9. もし今後も地学の授業を英語で行う機会があれば、次のどのような内容を期待しますか？  
 複数回答可 ( )

- ① 教師が英語の資料を用いて英語で授業を行う。  
 ② 教師が英語の資料を用いて日本語で授業を行う  
 ③ 英語の地学の内容の講演や映画などを見る。  
 ④ 生徒が自分たちで英語で授業の内容を発表する。  
 ⑤ 授業の内容を巡って生徒同士で英語で議論を行う。  
 ⑥ 地学の内容のテストの一部を英語で行う (長文和訳や英作文)。  
 ⑦ 地学の内容に関する英語のリスニングテストを行う。

(他に案があれば、以下へ)

(スペース省略)

10. 今回の授業で特に気付いた点や、感想などを自由に記述してください。

(スペース省略)

ありがとうございました。

<アンケート集計結果>

各クラスの回答総数を男女別に合計 (M: 男子 F: 女子)

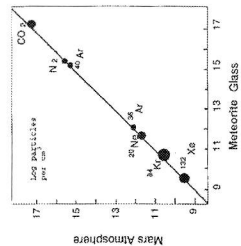
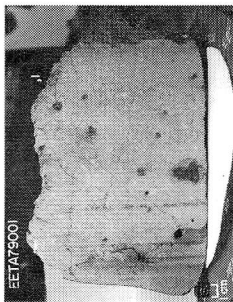
縦が質問番号順, 横は回答番号 (○囲み数字) 順

	M				F			
	1	2	3	4	1	2	3	4
2	13	27	25	11	9	37	32	2
3	3	25	24	25	1	37	31	13
4	8	45	23	1	10	47	22	3
5	1	28	38	10	1	29	40	9
6	13	48	14	3	16	52	7	4
7	13	51	10	2	17	47	13	2
8	4	29	26	18	6	22	39	11

質問 6. 7. 8. に関しては本文グラフを参照。

# Meteorites from Mars!

Robotic exploration of Mars has provided much of our information about the geology and weather of the red planet. The Viking mission in the 1970s had two orbiters which mapped the surface and two landers which analyzed rocks and soils. The Mars Surveyor Program plans to send a series of orbiters and landers every two years. The first missions were the Pathfinder lander/rover in 1997 and its companion Global Surveyor orbiter which is now mapping Mars. The Polar Lander and Climate Orbiter are expected to arrive at Mars in the Fall of 1999. However, none of these missions has returned a Mars sample to Earth. Further crucial information about Mars comes from an unexpected source — meteorites that arrived on Earth unaided by technology.



## Why Are They From Mars?

The fourteen martian meteorites are igneous rocks of five different varieties. They crystallized from molten lava near Mars' surface. The group is unusual compared to typical igneous meteorites from asteroids. All but one are younger (1.3 billions years old or less) and have higher contents of water and gases than meteorites from asteroids. The conclusive evidence that these meteorites originated on Mars came

Name	Field Location	Year	Classification	Mars (kg)
Shergotty	India	1865	basalt	5.00
Black Hills	USA	1891	basalt	1.00
EETA79001	Antarctica	1986	basalt	7.90
QUE94201	Antarctica	1996	basalt	0.012
ALH84001	Antarctica	1984	basalt	13.00
ALH7708	Antarctica	1978	Basaltic	0.82
LEW85518	Antarctica	1981	Basaltic	0.013
Y790925	Antarctica	1985	Basaltic	0.013
LAR9701	USA	1997	Basaltic	0.001
GUN95553	Brazil	1955	chondritic	0.80
GUN95554	Brazil	1955	chondritic	0.16
ALH84001	Antarctica	1984	orthopyroxene	1.90

from the measurement of trapped gases in one meteorite's interior. These trapped gases, now confirmed in other meteorites, match those that the Viking lander measured in the martian atmosphere.

## How Did They Get Here?

The only natural process capable of launching martian rocks to Earth is meteorite impact. Mars' surface has numerous impact craters of various sizes and ages. To be ejected from Mars, a rock must reach the escape velocity of 5.4 km/sec, which is more than five times the muzzle velocity of a hunting rifle. An impact capable of ejecting the martian meteorites would have left a crater 10-100 km across. The meteorites spent several million years in space before landing at various sites on Earth.

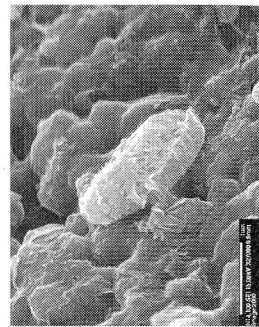


For more information write to: Antarctic Meteorites, Mail Code SN2, NASA Johnson Space Center, Houston, Texas 77058.  
http://www-curator.jsc.nasa.gov/curator/antmet/marsnet/contents.htm

## What Do They Tell Us About Mars?

Martian meteorites tell us about processes occurring throughout Mars' history. The story begins 4.5 billion years ago with the formation of Mars' core, mantle and crust. The oldest martian meteorite crystallized from a magma soon thereafter. The youngest martian meteorites show that volcanism continued until about 180 million years ago. Impacts occurred on the surface throughout Mars' history.

The martian meteorites are gray rocks which show none of the red color of the oxidized Mars soil. However, many of the meteorites show some evidence of interaction with water. Some have igneous minerals containing water, while others have salts and clays caused by weathering. Studies of gases show that Mars' atmosphere evolved very differently from that of Earth, losing its lightest gases to space over time.



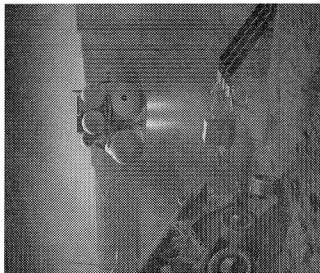
## What About Life on Mars?

Mars is the most likely of the other planets to be a home for life. Liquid water and volcanic heat were available to support life at least early in Mars' history. In the 1970s the Viking landers analyzed Mars rocks and soil but could find no evidence of life on Mars. In 1996 a team of JSC scientists reported finding possible fossil life in martian meteorite ALH84001. Their evidence included minerals formed at low temperatures which contained small amounts of organic compounds, and oxide minerals which could be biogenic, and tiny structures which look like miniature Earth bacteria. After three years of intense study and debate, with new data supporting both sides, the issue is still not resolved. The meteorite has had such a complex history that it may never provide a simple answer to the question of life on Mars.

## Why Do We Need Sample Returns?

Mars sample return may be the best way to evaluate life on Mars and study the geology and climate of the planet. Martian meteorites have several disadvantages as martian probes. Most have been on Earth a long time and are contaminated by its environment. Moreover, they are all igneous rocks and not as likely to contain evidence of life as sedimentary rocks or soils. Finally, we don't know the locations on Mars that the meteorites came from so it is difficult to tie them to local geology.

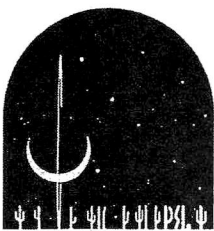
The Mars Surveyor Program is using its early missions to search for sites for sample return. These might be volcanic hot springs or sedimentary lake beds. The Mars Sample Return mission is planned to launch in 2003-2005 and return to Earth in 2008. Perhaps these samples will solve the question of life on Mars.





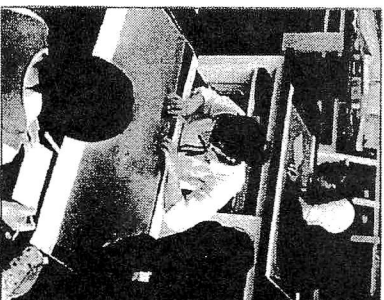
# PLANETARY SCIENCE INSTITUTE NEWSLETTER

FALL 2011 Vol. 12, No. 3



Est. 1972 www.psi.edu

## Japanese School Adapts PSI Crater Count Dating System, Wins Prize *by William K. Hartmann*



*Japanese high school students in Osaka use a measuring scale to record diameters of craters on Mars.*

confirmation of the system came, when cameras on Mars Global Surveyor and more recently Mars Reconnaissance Orbiter detected craters forming on Mars at a rate very close to our predicted rate.

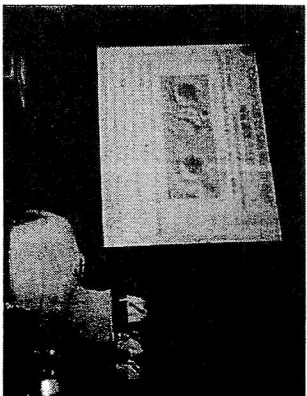
Okamoto stayed in touch, sending sample data and questions from the Japanese students and, as he noted, the system is ideal for classroom use. Teachers anywhere in the world can download scaled photographs of Martian geologic formations from many websites and distribute them to students. Students can measure diameters of craters in millimeters and convert to meters or kilometers on Mars. By measuring the area of the photos, they can derive the number of craters per square km in various diameters. Using data from our PSI web site ([www.psi.edu/research/isochrons/chron04a.html](http://www.psi.edu/research/isochrons/chron04a.html)), teachers and students can plot

In August, 2010, I received an email from Yoshio Okamoto, a geosciences teacher at Tonnoji High School, affiliated with Osaka Kyoiku University, in Osaka, Japan. He was interested in using the crater chronometry system developed and used at PSI since the 1970s to estimate ages of planetary surfaces. The idea is simple: the more impact craters, the older the surface. Like many simple ideas in science, the implementation has been complex.

We calibrated our system by using dates from rocks collected at Apollo moon landing sites, then translated the whole system to Mars. Starting in 2006, a strong confirmation of the system came, when cameras on Mars Global Surveyor and more recently Mars Reconnaissance Orbiter detected craters forming on Mars at a rate very close to our predicted rate.

their data on our "isochron diagram" (bottom of page 2 on I webpage) of the number of craters per square km versus crater diameter. Their results can then be compared to our "isochron curves that show the predicted crater densities for various ages such as 1 million years (My) or 1 billion years (Gy) and the student can read off the approximate age. The project is ideal only for teaching simple geometric arithmetic, but also principle of statistics (the more craters that are counted, the less the scatter in the diagram), astronomy (the craters are caused by impacts asteroids scattered through the solar system), and geology (younger geologic formations, such as new lava flows, are superimposed on older surfaces, such as ancient river beds).

I received word in July that the students were off to present their results at the international "Super Science High School" conference and competition among Japanese and Asian science students, held in Kobe, Japan. And then on August 21, I received an excited email from Okamoto that the students had won the Japanese Science and Technology Master prize—Silver medal—in the competition. As the students said, they have apparently taken crater counting to a higher level than any other high school in the world!

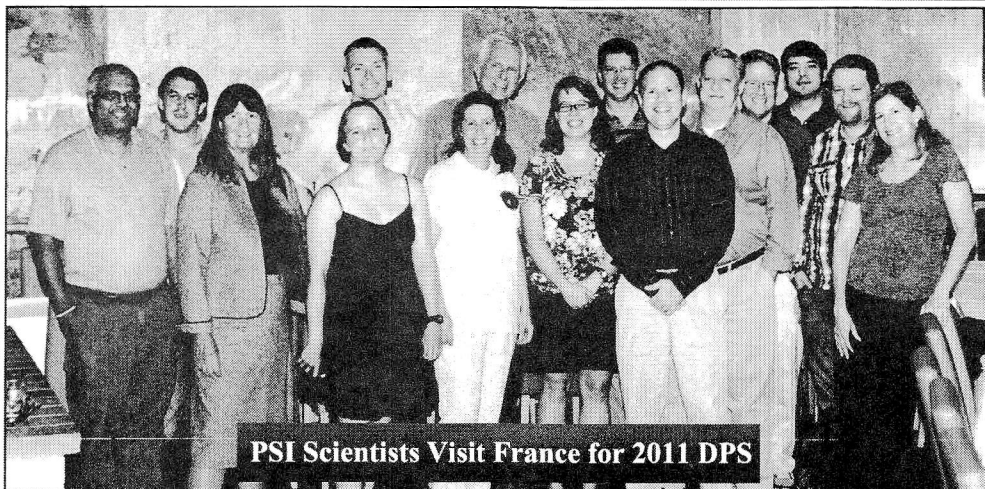


*The Japanese students presenting their prize winning crater chronometry results at the international "Super Summer High School competition, August 11-12, 2011, in Kofu Japan.*

It's exciting to see our work move from esoteric scientific journals into distant classrooms, and we hope for additional interest from more teachers. We stand by to advise and assist.

### PSI NEWSLETTER

Copyright © 2011 by Planetary Science Institute



PSI scientists attended the Division of Planetary Sciences' annual October meeting held this year in Nantes, France. Our scientists, from Tucson unless otherwise indicated, l-r: Nalin Samarasinha, Joe Michalski (UK), Candy Hansen (UT), Susan Conway (U. Nantes), Henry Throop (DC), Beatrice Mueller, Bill Hartmann, Julie Rathbun (CA), Tyler Nordgren (Julie's husband), Paul Abell (guest from NASA), Keith Holsapple (WA), Jeff Morgenthaler (ME), Pasquale Tricarico, Tommy Grav (MD), and Carol Raymond (guest from JPL). *(Photograph by Henry Throop)*

**Young Clay Layers on Mars** *Continued from front page*

"We discovered locations at Noctis Labyrinthus that show many kinds of minerals that formed by water activity," said Weitz. "The clays we found, called iron/magnesium (Fe/Mg)-smectites, are much younger at Noctis Labyrinthus relative to those found in the ancient rocks on Mars, which indicates a different water environment in these depressions relative to what was happening elsewhere on Mars."

Smectites are a type of clay mineral that readily expands and contracts with adsorbed water. They contain silica, plus aluminum, iron or magnesium in their structures. They form via the alteration of other silicate minerals in the presence of non-acidic water.

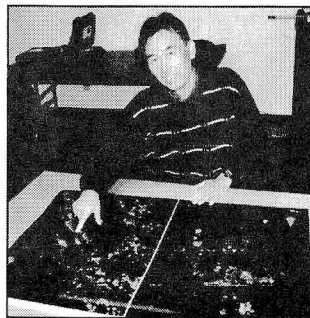
"These troughs would be fantastic places to send a rover, but unfortunately the rugged terrain makes it unsafe both for landing and for driving," Weitz said. She and her co-authors identified the same sulfates and Fe/Mg-smectites in the Noctis Labyrinthus troughs found elsewhere on Mars, but the progression of minerals over time, from sulfates to Fe/Mg-smectites, indicates a reverse order relative to what happened globally across Mars. Consequently, these two troughs are unique and could have been more habitable regions on Mars at a time when drier conditions dominated the surface.

*The study was funded by grants to PSI from NASA, the Jet Propulsion Laboratory and the University of Arizona.*

**Prize-Winning Japanese Teacher Visits PSI**

*by Alan Fischer and Bill Hartmann*

Yoshio Okamoto, a Japanese geophysicist and teacher, visited PSI on December 9, 2011. Okamoto adapted PSI's crater-counting technique for dating Mars to classroom use, and his class at Tennoji High School won a silver medal in an international competition (see PSI Newsletter, Fall 2011). The school is attached to Osaka Kyoiku University. Okamoto, with PSI's Sanlyn Buxner and Thea Cañizo, discussed PSI's Education/Public Outreach program and possible joint efforts.



*Yoshio Okamoto (at left and below) shows PSI researchers Thea Cañizo, Sanlyn Buxner, Beatrice Mueller, and Bill Hartmann his three-dimensional mapping of earthquake epicenter locations. (Photograph by Alan Fischer)*



**Planetary Science Institute**  
NEWSLETTER  
WINTER 2011 Vol. 12, No. 4 *Published Quarterly*

Chris Holmberg, *Editor*  
Alan Fischer, *Contributing Science Writer/Photographer*  
Amy Hartmann-Gordon, *Friends of PSI Update*

*With special thanks to Emily Joseph, Carol Neese, and Elaine Owens*

## Two themes of today's talk

- 1) How to estimate the surface age of Mars.
  - 2) Is/was there life on Mars?
- with our geoscience club activity---

## Back ground

“Martian chronicles” is a famous science fiction novel in 1950's. Of course “Martian Aliens” become an illusion today. Instead aliens, many data from satellites allow us to compose “The New Martian Chronicles” using “Crater Chronology” This is today's story-----.

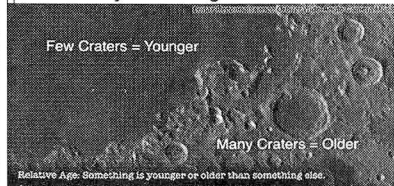
## Earth vs. Mars

Distance	1	1.6
Eq. Radius	1	1/2
Mass	1	1/10
Atmos. Comp.	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Atmos. Press.	1	1/150
Mean Temp.	15°C	-55°C
Day Length	24h	24h
Axis Tilt	23.4°	25°

[http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/redplanet2/slide\\_1.html](http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/redplanet2/slide_1.html)

## “クレータ年代学” Crater Chronology: principle

- Basic idea by W. K. Hartmann in 1960's
  - The principle is quite simple!
- Heavy cratering surface is old.



## “The New Martian Chronicles”

Yoshio Okamoto

Tennoji high school attached to  
Osaka-Kyoiku University, JAPAN  
yossi@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~yossi/>

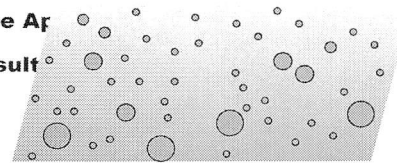
Modified from the article at GeoSciEd.VI at Johannesburg 2010

from 2011 SSH summer meeting presentation

## What is Crater-Chronology?

William K.Hartmann (PSI) first developed isochrones diagram for the Moon.

➤ The Age result

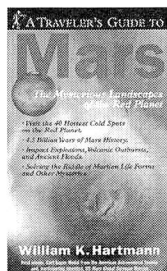
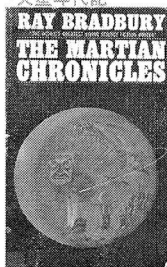


→ Old

→ Young

## Motivation

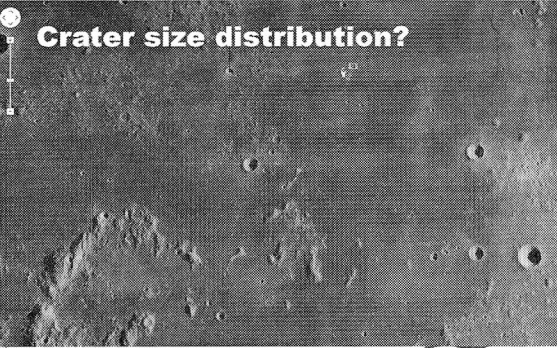
“The Martian Chronicles” by Ray Bradbury, 1950. “A Traveller's Guide To Mars” by William K. Hartmann, 2003 “火星年代記”



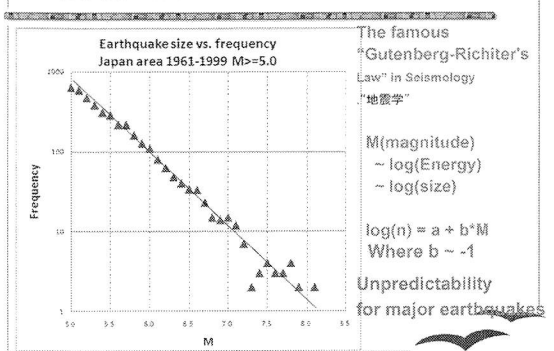
## Confirmation of “Crater counts”

After some simplified assumptions, he completed an Isochrones chart for the Moon in 1960's. From it, he estimated the surface age of “Luna maria” as 3.6 Giga years. “月の海が36億年を示す” Five years after, the Apollo mission brought back many moon rock samples and confirmed the reliability of this method by measuring the radiometric ages of these rocks.

Q1. Another feature of Craters?



“Fractal behavior” in Nature



Exercise 1: Crater counting; Moon

- Photos from “Google Moon”.
- Calc sheets for crater counting
- “正” kanji character, a ballot counter in a Japanese classroom.

A scissors ruler is used for measuring crater sizes.

<http://kakijun.main.jp/>

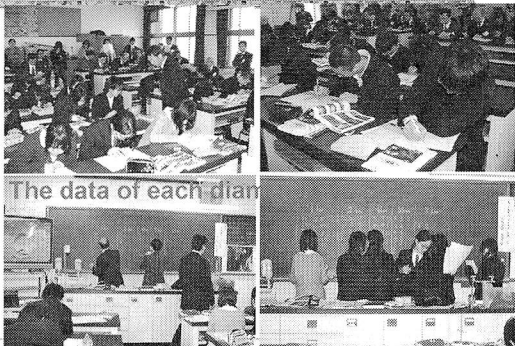


Next step: Apply to Mars

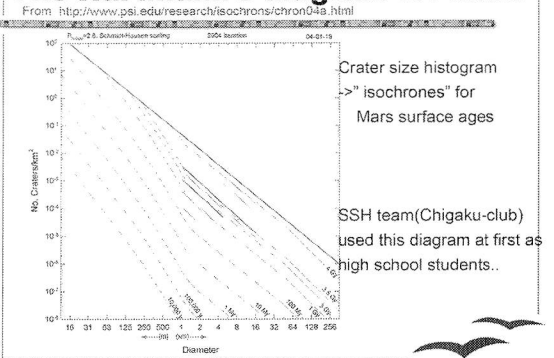
The difference between the Moon and Mars

- \*The rate of asteroid impact flux:  
Mars is closer to the main asteroid belt.
  - \*Impact velocity: Gravity and Atmosphere:  
Mars has strong gravity but thin air.
  - \*Weathering or Erosion by water or wind  
Mars has air and once had water (ancient era).
- Dr.Hartmann calculated those effects and finally completed his “Isochrones chart for Mars (Hartmann, 2005)”.

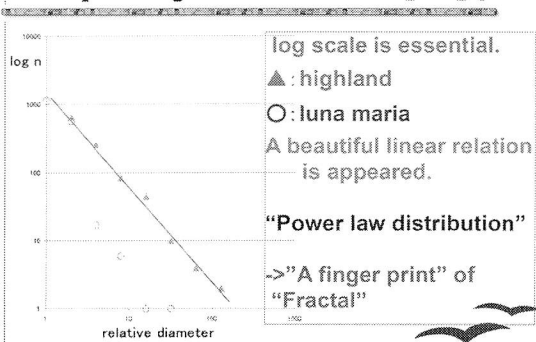
The demonstration class 2009 (11<sup>th</sup> grade)



The Hartmann’s diagram for Mars

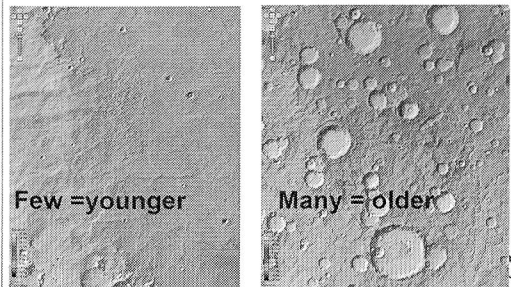


Frequency vs. size on log-log plot

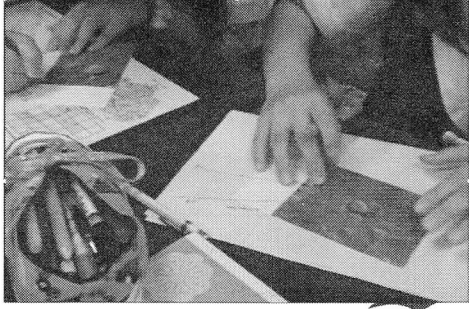


Crater Chronology (on Google Mars)

2nd. Question: Which surface is old?



## Mars counting; Part1(regular class)



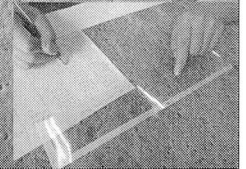
## Preparation for measuring

Printed Mars image

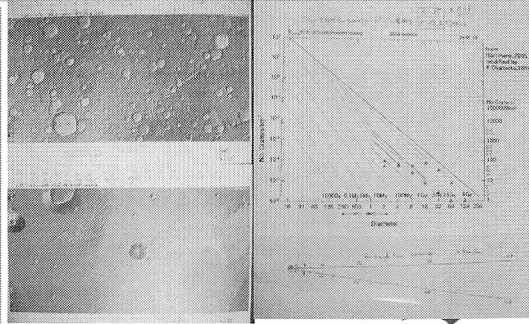
Handmade scissors ruler

Color pen

Excel sheet

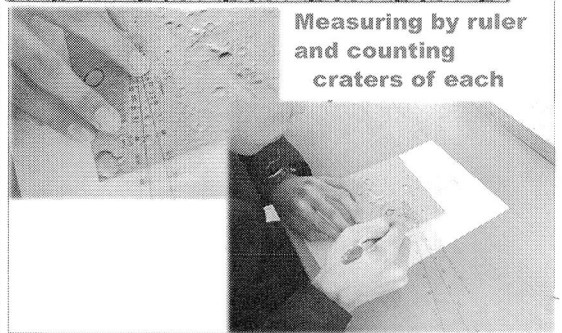


## Mars exercise part1: Data: images from "Google Mars".



## Exercise by geoscience club

Measuring by ruler  
and counting  
craters of each



## High resolution images; part 2

By geoscience club members = SSH team  
From Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) Website

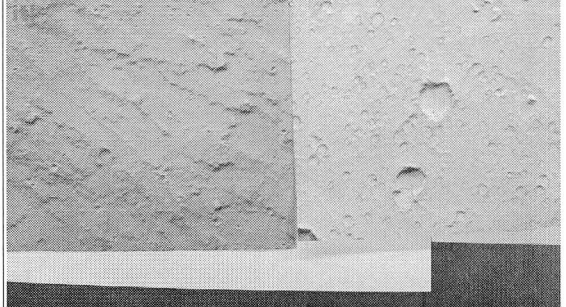
Data:

Instrument	Resolution	Swath	Altitude
SIARAD	100m	300km	3000km
MCS	100m	300km	3000km
CRISM	100m	300km	3000km
HiRISE	100m	300km	3000km
MARS	100m	300km	3000km
CTX	100m	300km	3000km

Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)  
was launched August 12, 2005, and  
attained Mars orbit on March 14, 2006.

Min. resolution: 50cm

Max 350 craters are on 1km<sup>2</sup> image  
It's a painful task!  
However, our geoscience club finally made it!



## Searching young surfaces (<1Gy)

3rd. Qst.: Why they search young surfaces?

HOME | ABOUT | NEWS & DISCOVERIES | PROJECTS | GALLERIES | RESEARCH | EDUCATION | PRESS | STORE

MARS RECONNAISSANCE ORBITER HIRES CAMERA IMAGE MAP

Quick Start Guide

RELEASE  
all images  
all images  
none

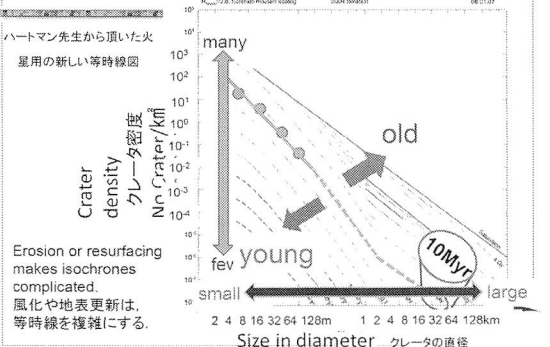
BACKGROUND  
mola  
albedo  
shaded relief  
mola  
mola 2

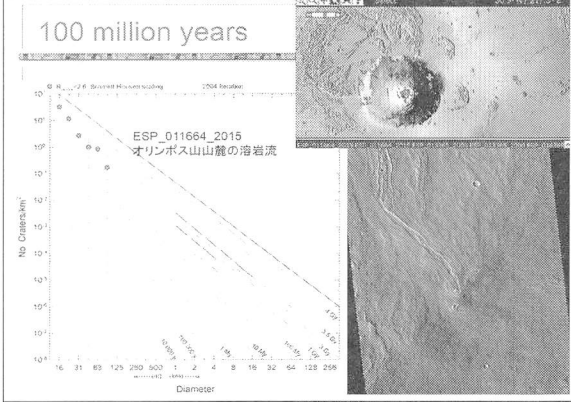
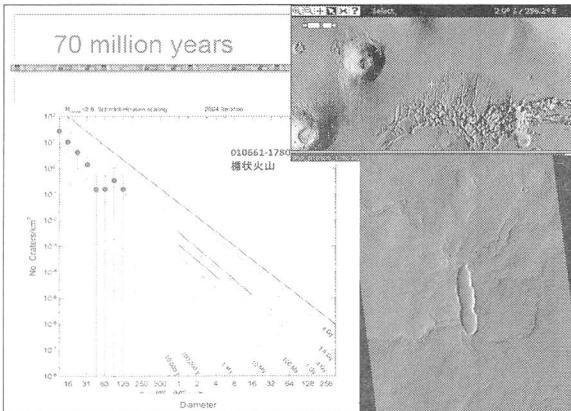
IMAGE LIST

http://pds.jpl.nasa.gov/.../mars/.../hires/...



## The Hartmann's New Isochrones for Mars

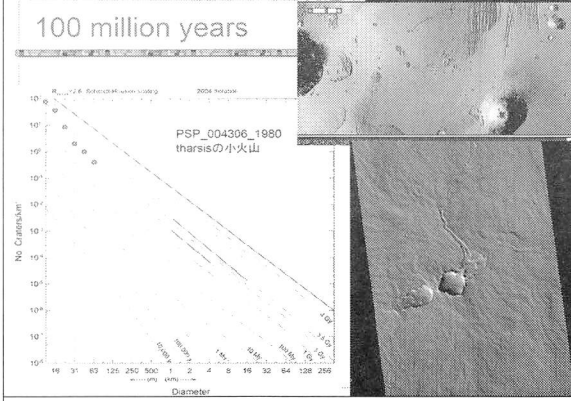




### Next theme:

2) Is/was there life on Mars?

Also, the "crater counting technique" is used for this theme;



### Discussion:

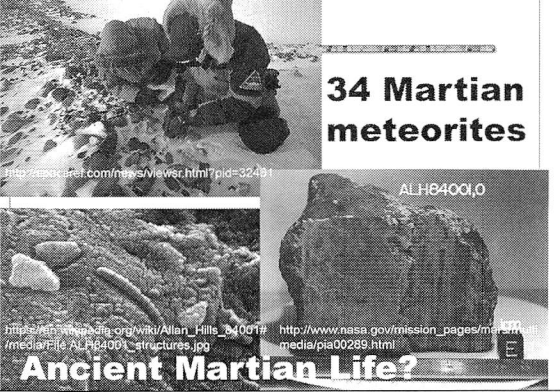
Q: Are the estimated ages true?  
A: Human exploring operation for Mars has not done yet.-----

Fortunately, we already have some **Martian rocks!**

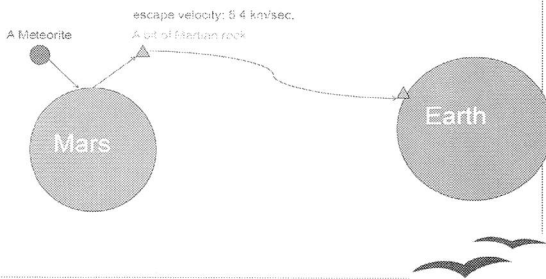
4th.Question:  
Why? Do we have these rocks?

### Results of our exercises

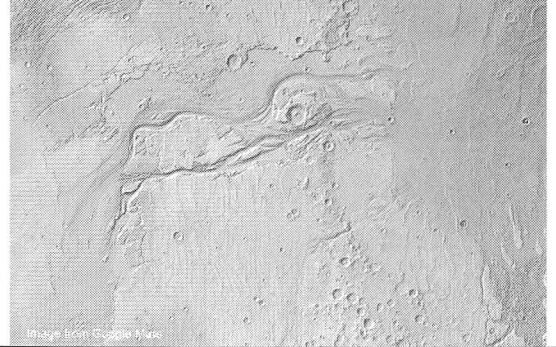
- \* The estimated ages of surfaces, young lava flows, volcano flanks are fairly consistent with the previous works.(eg. Hartmann,2005)
- \* The counting of these sites are easily carried out by high school students, without special trainings. And also our exercises may be the first attempt by high school students in the world.
- \* The process of plotting data strongly inspired our students recognizing a clear relation between sizes and frequencies.



## How Did They Get Here?



## When did huge amount of water exist?



## 5<sup>th</sup> Question:

### What called in English?

Nevertheless, extremely low possibility, a lucky event occur!

**Serendipity!!**

## Applying “Crater Chronology” (C.Fassett et al.,2008)

Caleb I. Fassett, James W. Head III :The timing of martian valley network activity: Constraints from buffered crater counting, Icarus 195 (2008) 61–89

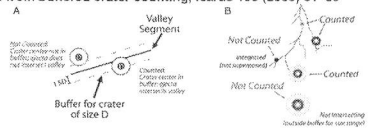


Fig. 3. Schematic diagrams illustrating the buffered crater counting methodology. (A) A buffer is established for a given crater size, and craters are counted when (1) have their centers in the buffer, and (2) intersect the valley segment. For each buffer, a count area is then established which allows for area-frequency determination. (B) A schematic of buffer creation at a variety of crater sizes. Craters are not included if they are not superimposed on the valley network or, if intercepted, are outside the buffer perimeter. For its rating see “GOOD EXAMPLE of cross-cutting relationship!”

In other words, there are no apparent systematic errors resulting from our choice of a buffer size.

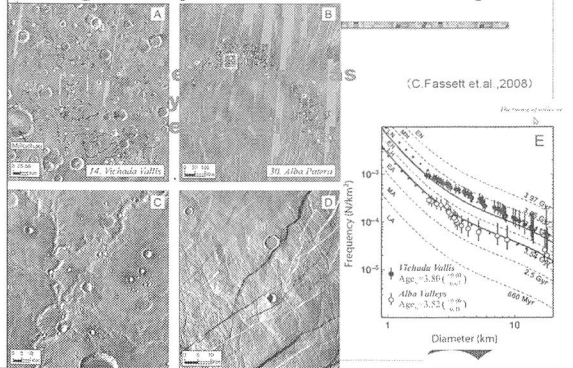
Our procedures for the count are as follows: (1) We first map the valley system being examined and determine its average width. (2) We then find all craters clearly superposed upon the valley that have a center within the buffer area appropriate for the specific crater diameter so that its rim falls within a distance of one crater diameter of the valley. (3) A count area is

Lack of knowledge of the exact historical impact crater production rate on Mars leads to a systematic uncertainty in absolute ages of up to a factor of ~2-4, and the degree of uncertainty depends on the age of terrain being considered (e.g., Hartmann and Neukum, 2001). Along with this systematic uncertainty, there are also non-negligible differences in the ages that are derived using the Hartmann and Neukum production functions. For example, calculating the

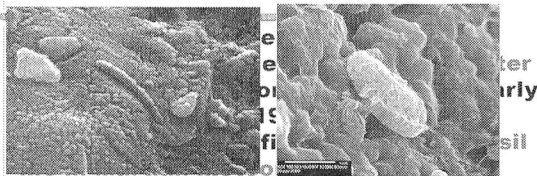
## Why Are They Mars Origin?

- 1) They are igneous rocks. (火成岩) → The group is unusual compared to typical meteorites from asteroids.
- 2) They are younger (1.3 Gy old or less); meteorites from asteroids: 4.6Gy
- 3) Higher contents of water and gases.
- 4) From the measurement of gases trapped in meteorite’s interior; ⇒ these trapped gases match the composition of Martian atmosphere once observed by the Viking lander.

## Timing of valley formation is determined by CCM.



## What About Life on Mars?



Their evidence: 1) Minerals contained small amounts of organic compounds, 2) Oxide minerals which could be biogenic, 3) Tiny structures which look like miniature of Earth bacteria. However, the controversy still continues....

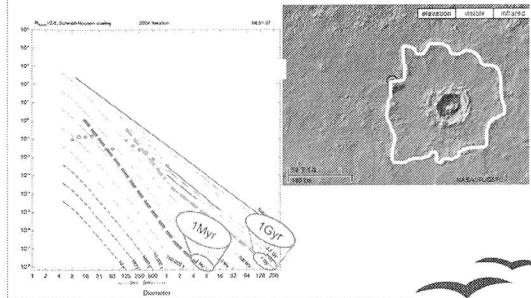
**Crater chronology reveals: most of the river-network of Martian surface are relatively old rather than thought before!**  
→ This shows a possibility of early lost of huge amount of water from the Martian surface.

**6<sup>th</sup> Qst.: Which does it mean for the Martian life or its evolution; optimistic or pessimistic?**

**Modern research show a low possibility of existence of life on Mars!**

**However, our SSH team may change this pessimistic view for a good direction!**

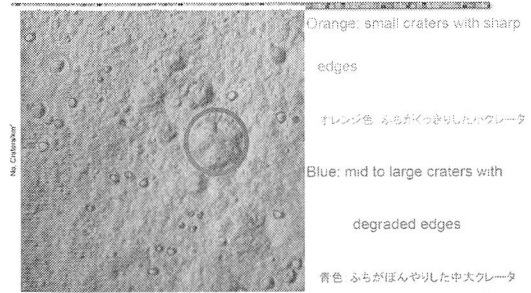
Appendix 1.complicated Isochrones  
複雑な等時線



Members of Martian crater project

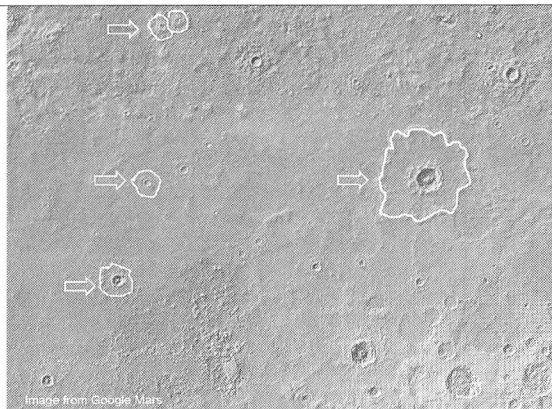


Interesting results 興味深い結果



Okonomiyaki Hypothesis お好み焼き仮説!!

Mysterious isochrones



Conclusions: by SSH crater team

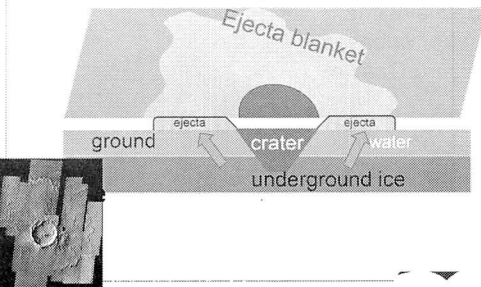
**Mars has not died out, but still Alive!! Active!!**  
**Martian water has not dried up, but remains as ground ice!!**

**Our results will be confirmed in 2030's by the future human space missions toward Mars!**

**We, "crater boys and girls", are looking forward to hearing "The Big News confirming our hypothesis!!"**

Dampart Crater having ejecta blanket

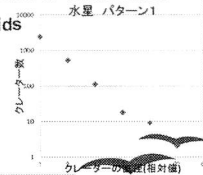
イジェクタ・ブランケットを持つランパート・クレーター  
⇒Existence of underground ice!



Problems about crater counting:

1. Were the flux rates of asteroid impacts constant during the history of the solar system?  
-> No: The Late Heavy Bombardment Period (LHB)
2. Are there any weathering on Mars surface by sand storm etc. -> Yes: the older craters are eroded or exhumated.
3. Apply to another planets or asteroids

Mercury surface trial ->





## Acknowledgements, References and resources

I thank to the students belonging to the earth science club at Tennoji High-school attached to Osaka-Kyoiku University. I fully appreciated to Mr. Shuhei Kobayashi for providing me some useful charts. I also grateful to all our students took our exercises.

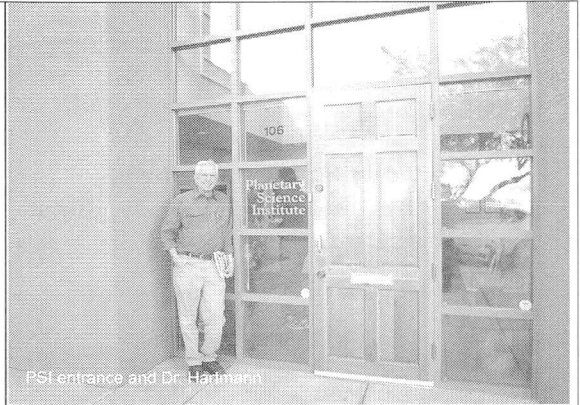
Dr. William K. Hartmann provides me some useful suggestions, and Mr. Yukihsa Fujita helps me constructing a mathematical model. I also thank to Dr. Mohamed Rashed and Dr. Hiroo Nemoto for their helpful discussions. This study has been partly supported by G.I.A for scientific research No. 22916002 from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

### <References>

Hartmann, W.K., 2005. Martian cratering 8: Isochron refinement and the chronology of Mars. *Icarus* 174, 294-320.  
 Caleb I. Fassett, James W. Head III, 2008. The timing of martian valley network activity: Constraints from buffered crater counting. *Icarus* 195, 61-89

URL <http://www.psi.edu/about/staff/hartmann/>  
<http://www.psi.edu/research/isochrons/chron04a.html>

The details of this study will be soon available on my web site  
<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~yossi/>



PSI entrance and Dr. Hartmann

## Epilogue-----

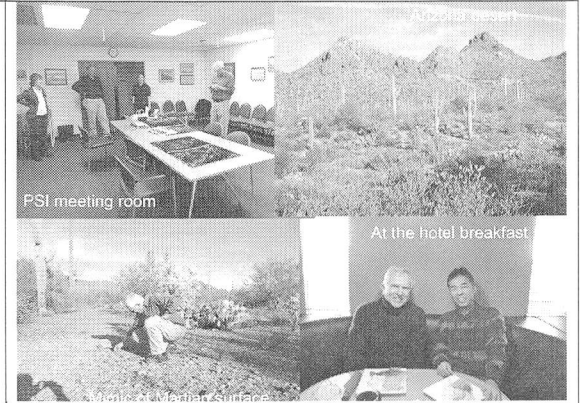
After the meeting, I reported the result of our SSH team to Dr. Hartmann who had advised our team of his approach. He invited me to his laboratory that December 2011.

Because I attended the AGU (American Geophysical Union) fall meeting at San Francisco in December.

San Francisco to Tucson, PSI (Planetary Science Institute) his office, is only 2-hours flight.

Therefore, after the AGU meeting, I visited his office and discuss the application of his approach to apply for high school education and outreach.

All payments for hotels and meals during 3 days of my stay were all taken care by PSI and Dr.Hartmann.



PSI meeting room

ATZOMB DESERT

At the hotel breakfast

## Japanese School Adopts PSI Crater Count Dating System, Wins Prize

In August, 2010 I received an email from Yusaku Okamoto, a geoscience teacher at Tennoji High School affiliated with Osaka Kyoiku University, in Osaka, Japan. He was interested in using the crater chronometry system developed and used at PSI since the 1970s, to estimate ages of planetary surfaces. The idea to simplify the crater counting process, the older the surface. Like many simple ideas in science, the implementation has been complex. We utilized our system by using three focus video collected at Apollo moon landing sites that translated the whole system to Mars. Starting in 2006, a strong confirmation of the system came when cameras on Mars Global Surveyor and more recently Mars Reconnaissance Orbiter detected crater forming on Mars at a rate very close to our predicted rate.

Okamoto stayed in Tucson, reading sample data and questions from the Japanese students and to be used the system in their classrooms in the world can download web-based photographs of Martian geologic formations from many websites and distribute them to students. Students can measure diameters of craters in millimeters and convert to meters or kilometers on Mars. By measuring the size of the craters, they can derive the number of craters per square km on various diameters. Using data from our PSI web site ([www.psi.edu/research/isochrons/chron04a.html](http://www.psi.edu/research/isochrons/chron04a.html)), teachers and students can plot

## Planetary Science Institute

NEWSLETTER Vol. 12, No. 4

### Prize-Winning Japanese Teacher Visits PSI

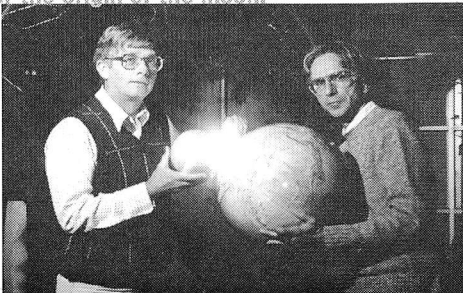
By John Fawcett and Bill Hartmann

Yusaku Okamoto, a Japanese geophysicist and teacher, visited PSI on December 9, 2011. Okamoto adapted PSI's crater-counting technique for dating Mars to classroom use and has also at Tennoji High School won a silver medal in an international competition (see PSI Newsletter, Fall 2011). The school is affiliated to Osaka Kyoiku University, Okamoto, with PSI's Sanjay Bhatnagar and Tracy Carter discussed PSI's Education Public Outreach program and possible joint efforts.



Yusaku Okamoto (at top and below) shows PSI researchers Tracy Carter, Sanjay Bhatnagar, Rebecca Mueller, and Bill Hartmann his new educational mapping of planetary geologic features. Image courtesy of Yusaku Okamoto.

W.K.Hartmann (right) and Donald R. Davis(left) as a founder of "Giant Impact Hypothesis"; the most plausible theory of the origin of the moon.



## Special thanks to Dr. Hartmann

and geoscience club member 2011  
 Nae Nakajima  
 Syuhei Kobayashi  
 Chizuru Ozawa

## Thank you for your attention!

- \*The true ages may be brought in the future.
- \*Also, Martian life will be confirmed!
- \*Until that day, I hope!, will be still alive!

# A Geoscience Class lectured in English Part2

—A New Martian Chronicles—

OKAMOTO Yoshio

## Abstract:

Through 15 years career of our school, I have participated in many international conferences on geosciences, therefore I keenly realized the importance of English as an official language for the natural sciences world. However, for the most of Japanese science teachers and high-school students, there is a high wall using English on practical classes or going abroad to attend international conferences. In this regards, I have tried to use English as a lecture language in my geoscience class since five years ago. This year, I planned an English lecture for ordinary “Basic Geoscience” class of the 2-nd grade. The lecture using a Power Point Presentation was carried out with full use of English. This lecture consists of three themes: 1) Crater chronology on Mars 2) Possibility of Martian life 3) Our geoscience club activities. Through this class, our students learn that 1) Mars as a brother planet of the Earth in the habitable zone of our solar system 2) Primitive approach of science method can reveal the secret of the outer planet 3) The importance of English as an official language in natural science. The evaluation of this class was examined with a questionnaire just after the class. The purpose of this class was positively evaluated from the questionnaire. The outline of presentation, resumes and resources of above class are attached as an appendix of this manuscript.

**Key Words:** Mars, crater, meteorite, surface ages, Hartmann diagram, senior high-school, English