

ウィスコンシン大学に滞在して ——研修報告（その 1）——

浜田 忠昭

Tadaaki Hamada

はじめに

筆者は1979年11月から1980年8月まで10カ月間、科学技術庁宇宙開発関係在外研究員として、アメリカ合衆国ウィスコンシン大学の宇宙科学技術研究所 (Space Science and Engineering Center) に滞在する機会を得た。本稿はその帰国後の報告書に加筆修正を行なったものである。かなり長い原稿となったので2回に分けて掲載することとした。次号の内容は McIDAS システムの Nowcasting 即ち、気象観測データの客観解析等の処理と画面への表示などの機能、および米国における気象災害に対する心構えと報道についてなどの予定である。

なお、121 ページに略語表を示したので読む上での参考にして頂きたい。

1. ウィスコンシン大学とマジソン

1. 1 University of Wisconsin System



第1図 ウィスコンシン大学キャンパス配置図。■印は少なくとも4年生まで学生の居るキャンパス、○印は1, 2年のみ。

ウィスコンシン大学は、ウィスコンシン州立の機関で、日本の大学より広い範囲の活動を行っており、標題に書いた様にウィスコンシン大学システムと呼ばれている。本部はマジソンのキャンパス (UW-Madison) にあって、学長は Robert N. O'Neil 氏、州内27のキャンパスに15万人余の学生を有する総合大学である (第1図)。

本部のあるマジソンキャンパスが最も大きく、総学生数4万人余 (学部約3万、大学院約1万、1979年秋現在)、面積約3.6平方kmで、市内中心部240の主な建物から成っている。学部には152の専攻コースがある。通常の大学の組織の他にラジオ局、テレビ局、銀行などを有しており、システムと呼ばれる所以である。テレビ局 WHA-TV は60マイル半径をサービスエリアとして、日本の教育テレビにあたる PBS (Public Broadcasting System) のネットワークのひとつとなっている。

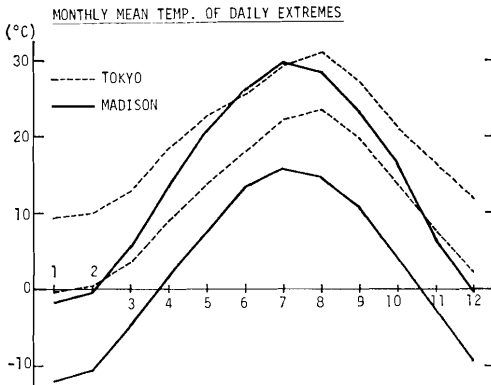
1. 2 マジソン

マジソンはウィスコンシン州の首都で人口は17万3千人、静かな大学の街である。市内には3つの大きな湖 (メンドタ湖、モノナ湖、ウィングラ湖) があり冬期間は凍結するが、夏は水泳やヨットなどでにぎわう。気候は内陸的で1日の気温差、年間の気温の差は大きく、冬は最高気温が -20°C になることもあるが、夏 (5—8月くらい) は 35°C を越えることもある。第2図にマジソンと東京の月平均最高最低気温のグラフを示す。夏の気温は東京とさほど変わらないのに、冬は 10°C 以上低くなっている。

治安の方は、米国の他の大都市と異なり殺人事件などもほとんどなく夜間も比較的安心して外出できる。冬期間の寒さを除けば非常に住み易い街である。第3図に上空から見たマジソンの写真を示す。

2. 宇宙科学技術研究所 (SSEC)

筆者が10カ月間お世話になった Space Science and Engineering Center (SSEC) は、ウィスコンシン大学に所属しており、その研究予算の大部分が国の補助金と



第2図 マジソンと東京の月平均最高（最低）気温。
なお日々の最高（最低）気温の極値は下の様
になっている。

極 値	最 高	最 低
マジソン	38.9(°C)	-38.3(°C)
東 京	38.4	- 9.2



第3図 上空から見たマジソン（市販の絵はがきによる）。中央やや後方、屋上にハラギリアンテナのあるのが第4図に示した Space Science の建物。この建物と左上に見えるメンドタ湖の間一帯がウィスコンシン大学のキャンパス。右上はモノナ湖、手前は大学のフットボール場でその向う側は体育館、ランドール公園で、いずれも大学のキャンパスに含まれている。

国との契約によるもので、宇宙科学に関する広い範囲の仕事をしている。SSEC の機能は、同研究所発行のパンフレットによると

- ① 宇宙科学と技術においていくつかの学問分野にまたがる研究プログラムの指導を行なうこと、
- ② 技術、宇宙実験および宇宙科学プログラムのすべての側面における学生のトレーニングを行なうのに必要な管理上、財政上および設備上の援助をすること、
- ③ 大学の宇宙関連プログラムの結果の普及を援助す

ること、
の3つである。

SSEC は16階建の Space Science and Meteorology ビルディング（第4図）のうちの主として下の7つの階を使用している。このビルディングは1969年に国の科学基金、NASA およびウィスコンシン州の財政援助により、「人類の自然環境の理解と、それを人類の利益のために使用すること」を目標に建設されたものである。このビルには SSEC の他に米国最大の気象学部、環境研究所、気候研究センター、ウィスコンシン州の気候学者の



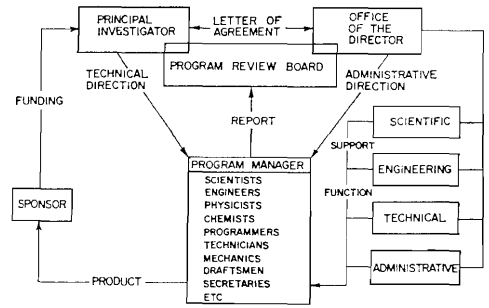
第4図 SSEC のある Space Science and Meteorology Building. 屋上の2つのパラボラアンテナが GOES 衛星画像データ受信。手前は薄く雪の積ったランドール公園（第3図の写真参照）で南北戦争のとき、兵隊の駐とんど地となった所。1980年3月10日撮影。

研究室および NESS の研究所がある。これらの研究所の間で多くの共同プログラムが実行されている。

2.1 SSEC の組織と運営

SSEC は筆者の目から見てきわめてユニークな組織であると思う。第1は、気象衛星関係の研究や調査の結果

SSEC ORGANIZATION and OPERATION CHART

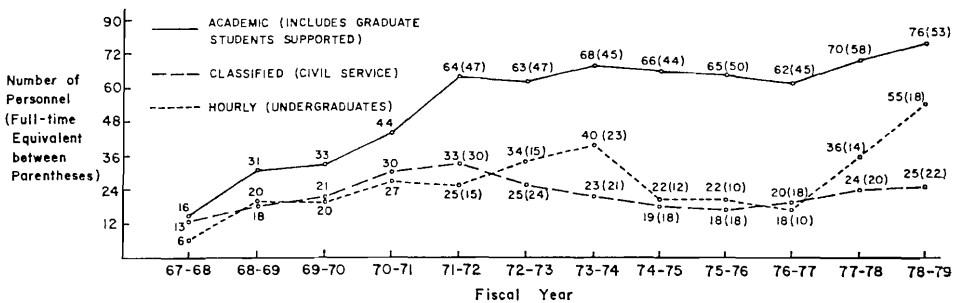


第5図 SSEC の組織図（同研究所発行のパンフレットより）。

が、現業である NESS の業務によく反映されているということである。第2は、研究機関でありながら FGGE 期間における 熱帯地方の衛星風（2 個の米国の GOES 衛星による）の算出、ソ連の静止衛星のピンチヒッター GOES-Indian Ocean による衛星風の算出、さらに日本の「ひまわり」の画像による太平洋上の追加衛星風データの算出など、NESS, ESA そして我々気象衛星センター (MSC) 顔負けの現業的運用により国際協力にいち早く対応する素早さである。

SSEC の組織は、紹介用のパンフレットによると第5図の様になっている。スポンサーは NESS, NASA などで、契約に基づいてプログラムマネージャー (PM) を中心にして調査や研究を行ない何らかの成果を得て報告書が作成され、またスポンサーに還元される。同じ建物にある気象学部では学生への教育や、契約によらない基礎的研究がその大きな部分を占めているのに反し、SSEC はスポンサー付きが大部分である。その様子を1979年—80年会計年度で見ると総予算1,000万ドル余（約22億円）のうち

510万ドル：NSF, NOAA, NASA との契約による金



第6図 SSEC 創立（1967）以来の職員等の人数の推移（同研究所発行のパンフレットより）。

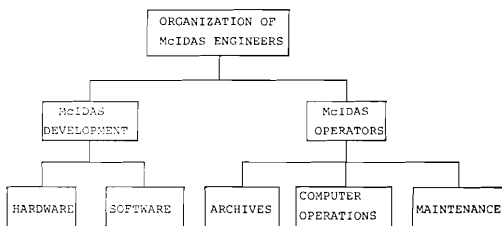
6万ドル：ウィスコンシン大学から支払われる所長
スオミ教授と一部職員給料

450万ドル：国からの補助金（契約によらない研究
費，給料その他）

50万ドル：カリフォルニア州その他との契約による
金

となっている。SSEC での開発結果がすぐに現業に生かされるのは特別の目的の契約によるからに他ならないことがわかる。この SSEC で働いている職員は全部で200人足らずで1969年創立時の35名から大幅に増加してきている（第6図）。

SSEC の成立以来10余年，ここでの研究のかなりの部分が，対話型画像処理システム McIDAS (Man-computer Interactive Data Access System) とともに行われてきた。McIDAS については，あとで詳しく紹介するが，上述した様に契約の金でグレードアップがくり返されてきた。SSEC の次長のボブ・フォックス氏によると，契約が1年から長い場合でも4～5年単位で行なわれるために，10年計画といった長期計画をたてることができないのが大きな問題である。研究体制については，様々な契約について，プロジェクトマネージャーを中心に研究者，技術者，プログラマーなどがチームを作って行っており，それぞれの担当者が意見を交換しながら行っているのは普通の大学と大きな相違はないように見受けられた。しかし，時によって研究者間，技術者間の結びつきが弱く何かバラバラである印象があったので，フォックス氏にたずねて見た。彼はやはりこのことについて問題であって着任（1979年12月）以来，組織の整備，特に Chief programmer といった制度を作りたいと思っているが未だ果していないと筆者に語ってくれた。この様な中で，McIDAS のオペレータの組織がきちんとした形を有している唯一のものであると彼は言う。そこで書いてくれた組織図が第7図の様なおものである。この図の右半分「McIDAS のオペレータ」については筆者の目から見てもチーフの J. T. Young 氏を中心によく組織化されているのがわかった。



第7図 McIDAS の技術者の組織（SSEC 次長のボブ・フォックス氏による）。

McIDAS に関する広範な技術者，研究者間の意見の交換や運営上の報告事項の伝達説明のため毎週月曜日朝9時30分から McIDAS ミーティングが開かれる。J. T. Young 氏が司会を行ない，システムの保守日程，プログラムのグレードアップの予定など計算機側からの報告や，利用者側の希望やプログラムのエラーの指摘などが行なわれる。たとえば対話型ターミナルから打込んだあるコマンドがマニュアルどおり働かなかったとか，この様な機能が必要だと様々な意見が出される。あるときユーザーズガイドブックの必要性が問題になった。現在のシステムが少しずつグレードアップして作られた経過から，コマンドのら列であるマニュアルは初めて McIDAS ターミナルを使う者にとっては余り役に立たない。201個のコマンド（1980年4月1日現在，なおマニュアルに掲載されていないコマンドもこの他数多くある）を17の項目に分類した上で単に ABC 順に並べてあるので，ある一連の仕事をしたと思ってもその手順を知ることはできない。筆者自身，最初にオペレーションの練習をした時は，JT の愛称で呼ばれる J. T. Young 氏が自ら手をとって教えてはくれたが，確かめる書類もなくその手順の複雑さに音をあげた。さて McIDAS ミーティングの討論であるが，ユーザーズガイドの必要性はすべての人の認めるところではあった。新人が来る度に徒弟制度で教える無駄を打破すべきであることに異論は無いが，行きつくところ「人」と「時間」の問題であった。ユーザーズガイドを書ける人は一部に限られており，かなり膨大な仕事で結局は討論だけで終わってしまった。ついぞそれ以来このことについての討論はきかれなかったが，また今頃は同じ討論をくり返しているかもしれない。

2.2 SSEC の主なプログラム

SSEC で最近行なわれている主なプログラムは以下の様なものがあり，広範な研究者が集ってきている様子がよくわかる。この節の記述の大部分は，SSEC 発行のパンフレットから引用した。

① 金星探査ロケット塔載用の放射収支計の開発。既に放射収支計からの良好なデータが得られ解析などを続行中である。

② VAS (VISSR Atmospheric Sounder) の機器の設計・開発。VAS の探測機は可視チャンネルと12の赤外チャンネルを持った VISSR 型の放射計である。これは1981年打上げの静止気象衛星に塔載される。これらのデータから，大気鉛直温度分布と湿度分布を算出することができる。静止衛星なので，同じ部分を繰返し観測することにより，温度と湿度の変化率を決定することがで

きる。この情報は、雷・トルネード・砂じんあらしのよ
うな短時間気象現象の原因となる不安定性とエネルギー
交換のパターンを説明する助けになる。SSEC は NA-
SA-NESS-SSEC チームをまとめて、VAS の可能性を
具体化する技術とデータ処理システムの開発を行なう責
任を持っている。

③ FGGE (First GARP Global Experiment).

SSEC では雲移動量を測定する対話型システム (WIND
CO) を開発したので、NOAA 等から主として FGGE
期間中の次の風ベクトルを算出することを要請され、そ
れらの処理を行なった。

(a) 2つの GOES 衛星から熱帯の海洋上の風。1日
に4,000個の風が算出された。

(b) ソビエトの静止衛星が FGGE 期間に間に合わな
かったため、予備の GOES 衛星をインド洋上に移
動させた。この衛星は ESA が運用し、スペインで
取得された画像データは MT に格納され、SSEC に
空輸された後、1日2回分の風ベクトルの算出を行
なった。

(c) 日本の静止気象衛星 GMS からの風のデータ密度
を増すため、FGGE の SOP 期間 (新田等, 1979参
照) について、1日2回の風ベクトルの算出を行な
った。

④ Space Telescope High Speed Photometer. 1978
年3月にこの photometer の設計をはじめた。これは、
ひじょうに短い時間で急速に変化するものを正確に観測
することができる。既存の測定器では観測不能であった
紫外部の放射を観測できる。可視部では、地球から観測
できないわずかの光を高精度で観測できる。1983年の終
りに、この測定器を積んだ衛星が打上げられる予定であ
る。

⑤ DMSP (Defence Meteorological Satellite Pro-
gram) Library. 1973年から NOAA の環境データおよ
び情報サービスの一環として DMSP の写真の保存を行
なっている。DMSP 衛星は、地上830km の太陽同期軌
道に載っている。可視赤外とも2.7kmの解像力で、一部
の画像は600mの解像力を持っている。DMSP ライブラ
リは、オリジナルのフィルムを貸出し、またプリントし
たものを原価で提供する。

⑥ 熱帯以外の気象現象の診断と数値モデリングの研
究。いくつかの総観規模とメソスケールの気象システム
の力学についての研究が行なわれている。現在は Mc
IDAS で使える気象データと衛星データを結び付けて短
時間 (0—6時間) の予報の改善についての研究が進ん
でいる。また深い対流とスコールラインの力学も対象と
なっており、事例解析と数値モデル実験が行なわれてい

る。

⑦ 静止衛星画像からの降雨量の推定。一連の可視と
赤外の画像から対流性降雨の量を推定する技術が開発さ
れた。この技術は、降雨量、積乱雲域の面積、雲域面積
の変化の間の経験的關係に基づいている。この推定法は
孤立した雷雲(群)くらいの大きさのスケールでひじょう
に有効であることがわかった。

⑧ OSO 軟X線実験。1975年に打ち上げられた OSO
-I 衛星に搭載された低エネルギーX線を検出し測定す
るシステムを設計した。

⑨ McIDAS. SSEC の中心とも言うべき対話型画像
処理用システムである。次節以下に詳細に述べる。

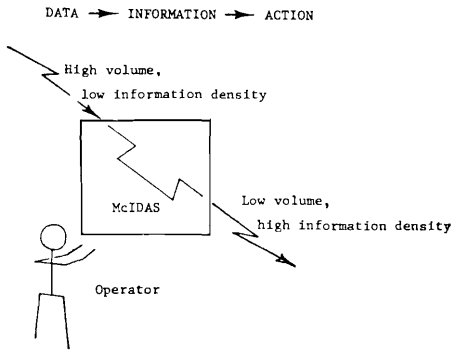
3. 対話型画像処理システム (McIDAS)

McIDAS は、ここ SSEC のほとんどすべての調査や
研究の中心になっている。この章では、McIDAS の概
念からはじまってその機能や出力例などについて述べ
る。McIDAS システム全般については Smith (1975)
を参照されたい。

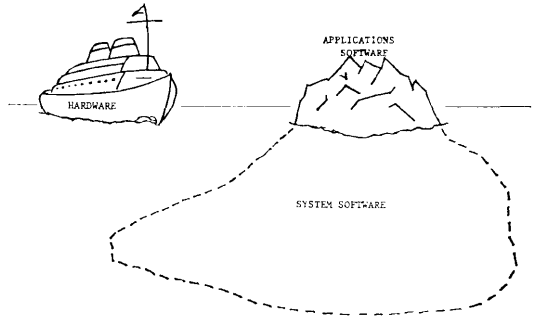
3.1 McIDAS の概念

SSEC の所長であり、気象学部の教授でもある Dr.
Verner E. Suomi は「McIDASは単に道具であって何
の予報 (forecasts) もしないし、どんな知識 (wisdom)
をも与えない。しかしながら、非常に強力な道具であ
る」と述べて、McIDAS を大気研究に利用する側がこの
道具を使いこなすことが大切であることを、大気研究
のためのビデオ表示に関するワークショップ* で強調し
ている。さらに「McIDAS の主な目的は第8図に示す
様に小さな情報密度しかない大量のデータを処理して大
きな情報密度を持った少量のデータを得ること」と定義
している。利用者に対しては「McIDAS とは真に何で
あろうか、ということは誤解されやすい。第9図に示す
様に、ハードウェアとソフトウェアは、それぞれ海に浮
かぶ船と冰山にたとえられる。前者はよく見えるが、後
者は利用者の大部分にはよく見えない。もし計算機を利
用する者がハードウェアとともに動いて、ソフトウェア
を無視するならば、彼は簡単にハードウェアの船を沈め
てしまうことになるであろう」、と特にシステムソフト
ウェアのことを常に念頭においてある部分まで (もちろ

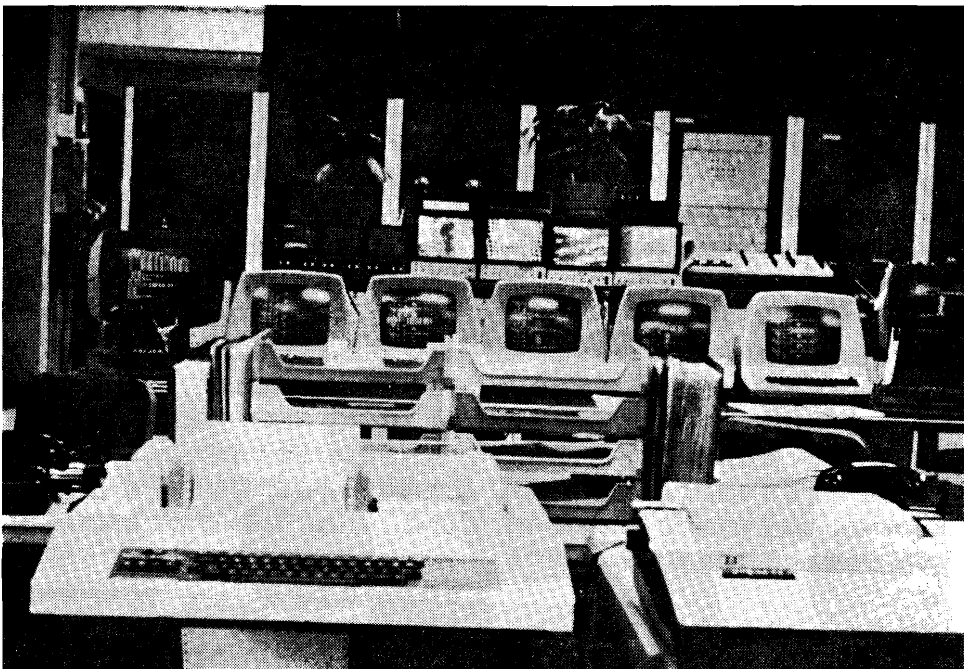
* "Interactive video displays for atmospheric studies,"
Proceedings of a workshop at the University of
Wisconsin-Madison, 14-16 June, 1977, Sponsored by
National Science Foundation. 以下、これからの引用
である。



第8図 McIDAS の目的 (前頁の脚注に示したワークショップの講演議事録による)。



第9図 McIDAS とたとえ (前頁の脚注に示したワークショップの講演議事録による)。



第10図 McIDAS システム。後は7台の CPU (左から5台目はインターフェイスで、写真では5台半の CPU が写っている)。そのすぐ手前が TV スクリーンで各ターミナルのモニタ。さらにその手前が7台の CRT でそれぞれ7台のコンピュータのオペレータコンソールとなっている。

んブラックボックスの部分の方が多いであろう) は理解していないと利用しきれないことを警告している。いわゆる「システム屋」と「気象屋」が両側から接近していくことが必要であることを強調していると筆者は理解している。

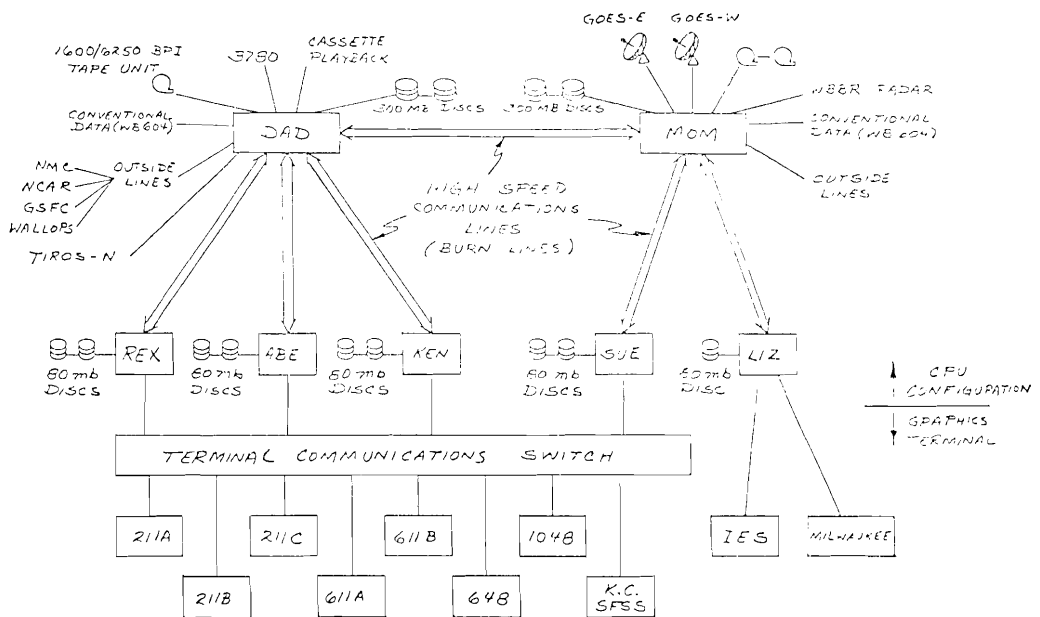
3. 2 McIDAS のハードウェア構成

McIDAS は7台の64K ワードの HARRIS という中

型コンピュータから成っている。コンピュータ室は6階にある。第10図、第11図にその写真を示す。第12図はハードウェアの構成図である。7台のコンピュータはそれぞれ固有の名前 (DAD, MOM, REX など) を持っている。DAD と MOM は Data Base Manager (DBM) と言われ、リアルタイムの気象データ、衛星画像データ、その他の多量のデータのハンドリングを行なう CPU であって、このシステムを中心となっているものである。



第11図 McIDAS コンピュータシステムのチーフオペレータの Dee Cavallo。昼間は常に2名のオペレータが従事しており他の1名も女性である。



第12図 McIDAS のハードウェア構成図



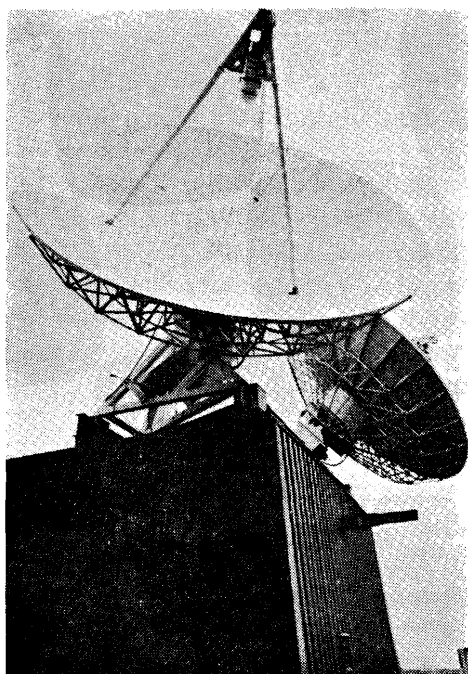
第13図 McIDAS 計算機室の向い648号室にある McIDAS ターミナル。左側が文字表示のための CRT, 中央に TV 型表示器, その手前に2個のジョイスティックが見える。右側はビデオテープレコーダ, 中央上部はテレビで通常は使われていない。右手前(コーヒー茶わんの後)は McIDAS オペレータとの通信用インターホン。

これらの CPU の下に Applications Processor (A/P) と呼ばれる5つの CPU があり, それぞれ REX, ABE, KEN, SUE, LIZ という名前が付いている。さしずめ McIDAS 一家は 両親と3男2女というところであろうが, 名付け親はチーフオペレータの Dee Cavallo (第11図の写真に写っている) だそうでアメリカ的ユーモアなのであろう。これらの7つの CPU 間は Burn Line と呼ばれる高速通信回線で結ばれており, それを通じてコマンドやデータの受渡しが行なわれる。図の下方は対話型ターミナル (第13図) で, それぞれカラービデオ装置 (TV 型表示器), CRT およびラインプリンタから成っており211等は設置されている部屋の番号である。「K. C. SFSS」は数 100 km かなたのキャンサスシティにある NOAA の Severe Weather Forecasting Center の Satellite Field Service Station (SFSS) に1980年3月に設置されたターミナルである。VAS システムの一部であるが近い内に SFSS で独自のアンテナ, CPU などを持って処理が行なわれるようになるが, 今は電話回線を使って, McIDAS にアクセスしている。既に3シフトの現業体制でGOES衛星の画像により, トルネード・台風などの予報に活躍している。

3. 3 McIDAS におけるデータの取得

McIDASに入力できるデータは, 静止気象衛星 (GOES) からの画像データ, 軌道衛星 TIROS-N と NOAA からの放射データ, テレタイプ回線 (WB 604) からの地上および高層気象観測データなどのリアルタイムのデータや, 保存されているこれらのデータである。2個の GOES 衛星の画像データは, SSEC の屋上に設置されている2個のパラボラアンテナ (第14図) により30分毎に取得されており, MOM の画像データエリア (DP) に記録される。同時に磁気テープに保存される。保存には Sony の Slant track ビデオテープレコーダが用いられ, 1本のテープにオリジナル解像力の可視, 赤外全球画像が各10枚計20枚格納できる。MOMにはリアルタイム利用のため格納される。最新の2枚のオリジナル解像力の画像と, 過去8時間の全球画像 (2 mile resolution, たて横とも可視画像で4画素毎に1画素をサンプリングしたもの) である。これらのデータはいずれのターミナルからもアクセス可能である。

気象報データは, 当日を含め過去4日分のデータが格納されている。それ以前のデータも MT に保存されており, 利用者の要請により McIDAS に再格納される。



第14図 SSEC 屋上に設置されている GOES 衛星用アンテナ。手前が GOES-West, 向う側が GOES-East 用で, それぞれ140°W と 75°W の赤道上の衛星の画像の受信を行なっている。

3. 4 McIDAS の操作とターミナル

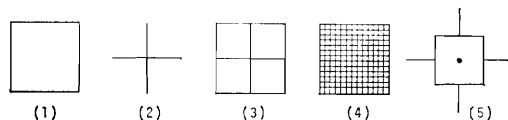
前項でも述べた様に, McIDAS はいくつかのターミナルを持っており, ユーザーは通常これらのターミナルのうちのひとつを使用する。第13図に示した写真は, 筆者がいつも利用していた 648 号室にあるターミナルである。他のターミナルも同様のものであって, キャラクタディスプレイである CRT とそれに付属するキーボードおよびビデオ表示器 (TV スクリーン) と 2つのジョイスティックから成っている。

McIDAS ターミナルを使用開始する場合は, McIDAS にあらかじめ登録されたプロジェクト番号 (4文字) を打込む。使用終了のときは 'S' サインを打込む。また15分間キーの操作をしない場合は自動的に終了となるのであらかじめプロジェクト番号を打込まなければならぬ。

McIDAS ターミナルで使用する対話型命令 (コマンド) には次の3つの形式のものがある。

① 1文字命令: パラメータ (オペランド) はない。この命令は単にその文字のキーをタイプするのみである。

② 2文字命令: 0~8個のパラメータが許される。



第15図 McIDAS ターミナルで使用されるカーソル。それぞれに名前が付いており, (1) Box, (2) Crosshair, (3) Box with crosshair, (4) Alternate Line である。5番目のものはまだマニュアルに掲載されていなくて名前はわからない。

コマンドの打ち方は, まず L/F (改行) キーを打ち, コマンドとパラメータをタイプした後, C/R (復帰) を打った時点で命令は CPU へ送られる。

③ 3文字命令: 基本的には2文字命令と同じである。

2文字命令および3文字命令において, 8個を越えるパラメータが必要なときは8個目 (あるいはそれ以下) のパラメータとして 'CON' を与え, あらためて同一の命令により続きのパラメータを与えることができる。キーボードから打ち込まれた2文字命令, 3文字命令は CRT 上に表示される。

McIDAS ターミナルの画面操作のための画面上のマークであるカーソルと, それを操作する2個のジョイスティック (第13図の写真を見よ) が備えられている。カーソルはスクリーン上の位置や領域を指定するために用いられるものであって, 第15図に示す様な5種類がある。5番目のものについては, 追跡雲の特徴点に中心のドットを持っていくのが容易であるため, 風計算のマニュアル追跡 (レングルヒクセル法: SP法, 日本のMM-2法にあたる, 日本のシステムについては浜田, 1979: 浜田, 1980参照のこと) によく用いられるが, ユーザーズマニュアルには掲載されていない (1980年8月現在)。Boxの外側の線は画面いっぱいにはびろがっている。ジョイスティックは各ターミナルに2個ずつある (JS1とJS2)。各ジョイスティックはその方向により平面上のある座標値 (即ち x, y 2値) を指定したことと同様である。いろいろな命令と結び付いて多くの使用方法があるが, 普通よく使われているのは次の3つである。

1 画面上の位置の指定: JS1によってTVスクリーン上全面にわたってカーソルが移動する。JS2はJS1によって決められた位置を中心に小さな範囲でカーソルを移動させることができる。JS2は微調整のために使用される。

2 速度カーソル: 風計算の時にムービー表示と共に用いられる。第1画面でJS1によりある一点 (追跡雲

第1表 McIDAS の使用料金

Schedule A(Maximum System Support)	\$39/1時間
Schedule B(Minimal System Support)	\$26/1時間
Schedule C(System unattended)	\$13/1時間

A料金はウィークデー(月一金)の7:30 am~5:00 pmに適用され、B料金はそれ以外の時間に適用される。C料金はターミナルを使用しない場合(カード入力)である。なお、課金対象時間は、ジョブ走行時間ではなく、ターミナルからプロジェクト番号を打込んでから '\$' サインを打込むまでの間、即ちターミナルを専有している時間である。

の位置)を指定する。第2画面に変わると JS2 の方向と大きさに対応する速度でカーソルが移動し、第3画面になるとさらに同じ速度でカーソルが移動する。雲の追跡に非常に便利な機能である。V-modeと言われる。

③ 位置と方向の指定:画面上に文字列を表示するとき、JS1で1字目の位置、JS2で文字列の方向と文字間隔の制御ができる。

なお McIDAS ターミナルを使用するためには、使用時間の予約を行わなければならない。毎週金曜日の午前8時までに翌週の使用希望時間を申込用紙に記入して、コンピュータオペレータに提出する。同日昼頃までに各人の使用時間がコンピュータルームに掲示される。

McIDAS の使用については、その時間に応じて各プロジェクト番号に課金される。料金については3種類あって、第1表に示す様になっている。

3.5 McIDAS における画像データの表示

3.5.1 データファイル

McIDAS の基本的なデータファイルは次の3種類である。画像データの表示に直接関係があるのは第1番目に述べる画像データファイルのみであるが後節での参考のため他の2つについてもここで記述する。

① 画像 (IMAGES): ここには「絵」がディジタルで格納される。格納領域はエリア (AREA) と呼ばれており、各ターミナルに16個のエリア、2個の DBM(DAD と MOM) にはそれぞれ 999 個のエリアが用意されている。各ターミナルのエリアには500ライン×672エレメントの大きさの画像の格納ができる。

② SDS (Station Data Sets): ある日時、X、Y、Z における様々なデータを格納するために用意されている。衛星風のデータが代表的なもので、日時、緯度、経

度で識別され Z はオプションである。気象報データも SDS の一種である。このファイルは各ターミナルに 99 個、2つの DBM にそれぞれ999個用意されている。

③ 格子点データ (GRIDS): SDS に格納されている生のデータに対し客観解析された格子点上のデータ等を格納する。各ターミナルには99個、各 DBM にはそれ以上の領域が用意されている (個数不明)。

これらのファイルに格納されるデータは、各ターミナルのものについては、そのターミナル使用中にのみ使用できる一時的なものである。DBM 上のファイルは、大部分が継続的に保存されるもので、一部は毎日消去される一時的な領域 (Scratched file) である。

3.5.2 画像データの取扱い

リアルタイムの GOES 画像データは、MOM の画像ファイル (AREA) に格納されている。ターミナル利用者 (以下単にオペレータという) は、そのターミナルに所属するエリアに必要な画像の部分を送送する。ターミナル使用開始時に常に行なわなければならない作業である。保存されている画像データを使用したいときは、あらかじめ MT に申込用紙を添えて McIDAS オペレータに渡しておく、MOM あるいは DAD の空きエリア (Scratched area, 毎日消去される) にあらかじめ格納しておいてくれる。ある程度持続的に使用する時は別に保存エリアを割当ててもらえる。リアルタイムの画像データも、MT から再格納された画像データも同等に使用できる。

なお、画像データの識別のためのコードを第2表、その例であるエリアのディレクトリの出力例を第3表に示す。

3.5.3 TV スクリーンへの画像の表示

TV スクリーン (ビデオ表示器) に画像を表示するために、各ターミナルはアナログのリフレッシュメモリ (フレームと呼ばれている) を有している。そのメモリの数はターミナルによって異なるが、筆者がいつも使用していたターミナル '648' は 260 枚分が用意されており、そのうち 40 枚分が一時的利用のためのものであり、他の 220 枚分は持続的調査研究のため各ユーザーに割り当てられている。260 枚のフレームには番号が付いており、1~130 と 131~260 はそれぞれ対応するフレーム間で裏表の関係にあり、'O' キーをおすことによって他方の画像に瞬時に切替る ('O' は第3・4節で述べた1文字命令である)。たとえばフレーム番号7が表示されているときに 'O' キーをおすと 137 のフレームの画像に切替る。この機能は対応する2枚のフレームに可視と赤外の画像、あるいは

第2表 McIDAS における画像の識別コード

- I 画像の識別コードフォーマット
 'SSYYDDD HHMMSS' の形式による。
 SS: Sensor Source Code. 何の画像かを示す2文字の数字で表わされる。'12' がGMSの可視画像,
 '13' が赤外画像といった具合である。
 YYDDD: 年と通算日, '80001' は1980年1月1日, '80032' は1980年2月1日である。
 HHMMSS: 画像時刻(時, 分, 秒)
- II 画像の一部を取扱うときには次の6つの追加情報が使われる。
 ILIN, IELE: 画像の左上のライン・エレメント番号
 INCLIN, INCELE: ライン, エレメントサンプリングレート
 NUMLIN, NUMELE: 画像の大きさ(ライン数, エレメント数)

第3表 McIDAS ターミナルにおけるエリアディレクトリの出力例

AREA DIRECTORY LISTING FOR DAD TRM										21
A	REEL	SSYYDDD	HHMMSS	LCOR	ECOR	RES	SIZE	CREATED		
701	1	1278344	223300	13	1	4	4	2510	3360	80031 175056
702	1	1278344	230300	13	1	4	4	2510	3360	80031 194110
703	1	1278344	233300	13	1	4	4	2510	3360	80031 201131
704	1	1378344	223300	13	1	4	4	2510	3360	80031 175057
705	1	1378344	230300	13	1	4	4	2510	3360	80031 194112
706	1	1378344	233300	13	1	4	4	2510	3360	80031 201134
707	1	1278344	103300	13	1	4	4	2510	3360	80030 212806
708	1	1278344	110300	13	1	4	4	2510	3360	80031 160524
709	1	1278344	113300	13	1	4	4	2510	3360	80031 164320
710	1	1378344	103300	13	1	4	4	2510	3360	80030 212806
711	1	1378344	110300	13	1	4	4	2510	3360	80031 160525
712	1	1378344	113300	13	1	4	4	2510	3360	80031 164321
713	1	1278345	103300	13	1	4	4	2510	3360	80032 135703
714	1	1278345	110300	13	1	4	4	2510	3360	80032 142414
715	1	1278345	233300	13	1	4	4	2510	3360	80032 145412
716	1	1378345	103300	13	1	4	4	2510	3360	80032 135706
717	1	1378345	110300	13	1	4	4	2510	3360	80032 142415
718	1	1378345	233300	13	1	4	4	2510	3360	80032 145413

AREA DIRECTORY LISTING FOR ABE TRM										23
A	REEL	SSYYDDD	HHMMSS	LCOR	ECOR	RES	SIZE	CREATED		
1	1	1278344	223300	2205	7173	4	4	500	672	80032 195656
2	1	1278344	230300	2209	7173	4	4	500	672	80032 195743
3	1	1278344	233300	2209	7173	4	4	500	672	80032 195932
4	1	1378344	223300	2205	7173	4	4	500	672	80032 200019
5	1	1378344	230300	2209	7173	4	4	500	672	80032 200106
6	1	1378344	233300	2209	7173	4	4	500	672	80032 200149

上側はデータベースマネジャー「DAD」に属するエリアの、下側はコンピュータ「ABE」に属するターミナル23のエリアのディレクトリリスト。

A: エリア番号

SSYYDDD, HHMMSS: 第2表による

LCOR, ECOR: 格納されている画像の左上のライン番号とエレメント番号。

RES: 画像のラインエレメントサンプリング率(可視画像対応)。

SIZE: 画像の大きさ(ライン数, エレメント数)。

CREATED: このエリアにデータが創生された年, 通算日, 時, 分, 秒(GMT)。

部分画像と全球画像を格納しておき、他方を参照しながら作業を行なう様とき非常に便利である。

時間的に連続する何枚かの画像を一連の番号のフレームに格納すれば、ループムービーとして見るができる。ループムービーのひとつのフレームの表示時間は、1/15秒を単位としてオペレータが与えることができる。第1フレームの表示時間は、第2フレーム以後とは別に与えることができる。ループのはじめと終り(ループ境界)は「LB」命令により与えることができるが、これは対応するフレームでも有効である。フレーム番号3-7でループしているとき「O」キーをおすと133-137でループするようになる。ムービーの機能は、単にパターンの変化が識別できるというだけでなく、上層雲と下層雲が重なっているときに識別を容易にする等非常に有用で風計算に用いられる他にも、多くの研究者や気象学部の教育用に用いられている。

3.6 風計算システム (WINDCO)

WINDCO は McIDAS の風計算システムの名前である。このシステムの第1の目的は、ある時間々隔の2枚あるいはそれ以上の静止気象衛星画像から、雲の移動量を測定し、その結果を表示し格納することである。さらに赤外画像データから雲の高度の計算を行なうこと、算出ベクトルについてその良否を自動的に判断する品質管理を行なうこと、いろいろな形でベクトルを表示すること、表示画面やベクトル値などをオペレータが見ながら個々のベクトルの評価を行なうこと、などの機能を有している。

追跡のために2つのマッチングの方法を有している。SP法 (Single pixel method) とLP法 (相互相関法によるマッチング計算を行なうもの) の2通りで、前者は日本のMM-2法と同じものであり、後者はMM-1法と類似した方法である。SP法ではTV画面からCPUに送られたカーソルの位置がそのまま雲の移動位置となって移動ベクトルが算出されるものであり、LP法は、オペレータの指定点はおおまかな位置を与えているにすぎないとみなして、指定点を中心にあらかじめ指定してある大きさに画像を切り出し相互相関法によるマッチング計算を行なって最終的なベクトルを算出するものである。

これらの機能の概略については、Smith (1975)、詳細についてはSuomi (1975)を参照されたい。ここでは、これらに記述されていないオペレーションまわりについて述べたい。

準備作業

① DAD 又は MOM から使用する画像をターミナ

ルのエリアとフレーム (TV表示のためのリフレッシュメモリ) へ転送する。可視と赤外の同一時刻の画像を裏表の関係のあるフレームへ、連続する画像を連続するフレームに格納する。第3表にDADに格納されている画像ディレクトリとあるターミナルのエリアへの転送後のディレクトリが示されている。フレームの画像のみあればTVスクリーン上で観察をしたり、ループさせたりできるが、あとで計算(マッチングをとったり高度を求めたり)するとき、エリアのデジタルデータにアクセスするので、各フレームに対応するエリアのデータは残しておく必要がある。

② ループ境界の設定。画像を格納したフレームをムービーとして見るためその始点と終点フレーム番号を与える。たとえば「LB 13」 とすると1から3までループする。「O」命令により131から133までループする様に切替る。

③ 速度カーソルモード (V-mode) の設定。単に「V」キーをおすだけで第3・4節で述べたV-modeの設定ができる。

④ SDS領域にWIND FILEの創生を行なう。ファイル名は第2表で示したSSコードと年および通算日である。たとえばGMS(SSコード12)の1980年2月1日の場合は、ファイル名「1280032」となる。

⑤ 前項のファイル内のエレメントを指定する。エレメント名は第1画像の時刻に決められておりたとえば「220200」(22時2分0秒取得開始画像)ということになる。

⑥ WINDCOシステムの初期化を行なう。システムの状態を表示(CRTまたはラインプリンタ)して確認ができる。第4表にWINDCOシステムの状態表示例を示す。

⑦ 品質管理に使用する閾値を与える。こきつつく2つのベクトル間のu-成分の差、v-成分の差および雲頂高度の変化である。品質管理結果は格納されている情報の種類を表わすアルファベットで呼ばれているCTPSM IHベクトルコードの情報として格納される(第5表)。

ベクトル算出

⑧ 追跡雲の選定と追跡。第1画像(日本の風計算における〈A〉画像)の画面でJS1によりカーソルを追跡しようとする雲の上に持って行く。「A」命令により第2画像〈B画像〉に変える。JS2によりカーソルを追跡雲上におく。先にV-modeの指定をしているので、この操作はカーソルの移動速度をセットしたことになる。したがって再び「A」キーをおせば、カーソルはおおむね〈C画像〉上の追跡雲の位置に移動する。くり返し「A」キーをおすことにより画面をループさせて

第4表 WINDCO 状態表示

```

*** M C I D A S *** CPUID: REX PROGRAM: WISTAT TERMINAL: 023
WINDCO/CLDHGT SYSTEM STATUS
METHOD WIS
CLOUD HEIGHT FLAG M
ESTIMATED HEIGHT(MB) 200 TEMP 220 THICK(MB) 2 CONFIDENCE SDH= U U U
DAY-NIGHT FLAG N
ALPHA 80
CASE FORCING FLAG NO
TARGET SIZE 25 25
LAG SIZE 5 5
IO CODE B
TRACKING METRIC LP
VECTOR POINTER 1482 WIND ELEMENT (TIME) 223300
QUADRATIC INTERPOLATION
EARTH COORDINATES
WRRRM PLOT OF QUALITY CONTROL FAILURE NO
WRRRM PLOT OF BOUNDARY CORRELATION NO
WRRRM VECTOR TYPE METEOR FLAGS
WRRRM VECTOR COLORS LEVEL1=RED 2=GREEN 3=YELLOW
QUALITY CONTROL STATUS
MAXIMUM ON BOUNDRY
REPRODUCIBILITY TEST
VECTOR CRITERIA 6 6 1
    
```

風計算の処理中随時この表示を CRT 上に行ない、またラインプリンタに出力することができる。

CLOUD HEIGHT FLAG: Aは自動, Mはマニュアル付加

ESTIMATED HEIGHT: マニュアル付加のとき有効で、追跡を行なったときここにセットしてある高度が付加される。

DAY-NIGHT FLAG: Nは Night で可視画像が存在しないことを示している。

TARGET SIZE: 追跡する雲画像(テンプレート)の大きさであり、雲頂高度を算出するときの画像切出しの大きさである。

LAG SIZE: 雲の追跡のためテンプレートを移動させる最大値。TARGET SIZE+(LAG SIZE×2) がサーチエリアの大きさということになる。この場合は35。

TRACKING METRIC: LPは相互相関法による追跡。SPはシングルピクセル法。

VECTOR POINTER: 現在までに算出された風ベクトルの数。

WRRRM: 風ベクトル等線画を表示するリフレッシュメモリの名前。Write Random Read Raster Memory の略。

VECTOR CRITERIA: 速度差と高度差のチェック基準値。u-成分 (6 m/s), v-成分 (6 m/s)、高度差 (100 mb) の順。

第5表 CPTSMIH ベクトルコード

H	高度識別 (風の高さ)
	単位 mb/100 ($1 \leq H \leq 9$)
	H=0 は高度未設定のときのみ使われる
I	ベクトルの良否フラッグ
	I=0 QC を通過
	I=1 QC のいずれかの項目で Fail であるか、オペレータが不良と判断したとき
M	マッチングその他のエラーコード
	M=0 エラーなし
	画像マッチングエラーのときは1を加える
	マッチングサーフェスの再現性エラーのときは2を加える
	オペレータがエラーであると判断したときは4を加える
S	風の場の種類の指標
	現在は使われていないが、オペレータが判断した風の場の種類を与える
T	ベクトルのタイプ
	T=0 1つのベクトルであることを示す。平均ベクトルとか合成されたベクトル等のような他のタイプが加えられたときには他の値をきめて与える。
P	追跡法
	P=0 シングルピクセル追跡
	P=1 ハターソン認識の方法による
C	ベクトルの座標系
	C=0 地球座標系
	C=1 画像座標系

JS2の微調整を行なう。移動位置の入力はSpaceキーにより行なわれる。〈A画像〉にしておいてSpaceキーをおすことによりカーソルの位置がTVからCPUに送られると同時に画面が〈B〉に変わり、カーソルの色も白から紫に変わる。2度目のSpaceキーにより〈B〉上の位置がCPUに送られると共にカーソルの大きさは元にもどる。〈B〉〈C〉画像間の追跡も同様に行なわれる。4回Spaceキーをおすことによって、3枚の画像から連続するベクトルが得られることになる。

オペレーション援助のための命令

- 'DV' 算出されたベクトルの削除、高度の修正などを行なう
- 'H' カーソルの位置の雲の温度、高度が算出されCRT上に表示される。
- 'IO' 算出されたベクトルの一覧表(風向・風速等)をCRTまたはラインプリンタに出力する(第6表)
- 'PV' 画像と重ねて算出風ベクトルをプロットする。
- 'RD' 2つの連続する風ベクトルのu-成分、v-成分の速度差、高度差のヒストグラムを出力する(第16図)。

雲頂高度と風の高度の算出法

WINDCOシステムでは、次の方法があり、ひとつひとつのベクトルあるいは一群のベクトルに異なる方法をオペレータが任意に選んで与えることができる。

a) 自動的に算出する方法

赤外画像のみ、あるいは赤外と可視の両画像により追跡雲の位置の雲頂高度等と風の高度を自動的に算出する。この方法の詳細については、次節に記述する。

b) オペレータが与える方法

これから雲移動量を測定する一群の雲の高度をあらかじめオペレータが与える。上に述べた'H'命令により、これらの一群の雲あるいは周辺部の何か所かの高度を測定し、オペレータの判断で与える高度を決める。付加されている高度をあとで修正することもできる。

最後に、第17図にMcIDASによる風ベクトルの出力例(XYプロッタ)を示す。

U COMP DISTRIBUTION ON 80067 233000 234500 240000 6 6 1

```

*
*
*
**
**
**
**
***
****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```

```

-----
-30      -20      -10      0      +10      +20      +30
TOTAL =  222 MAX =   32 MEAN = -2.20 MODE =  -2
U-COMPONENT RESIDUAL DISTRIBUTION

```

```

*
*
*
*
*
*
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**

```

```

-----
-30      -20      -10      0      +10      +20      +30
TOTAL =  222 MAX =   65 MEAN =   .09 MODE =   0
TROPIC 1-3  4-7  8-9 TOTAL 1-3  4-7  8-9  NO H  IMAGE COORD
      0      0      0      222      0      0      0      0

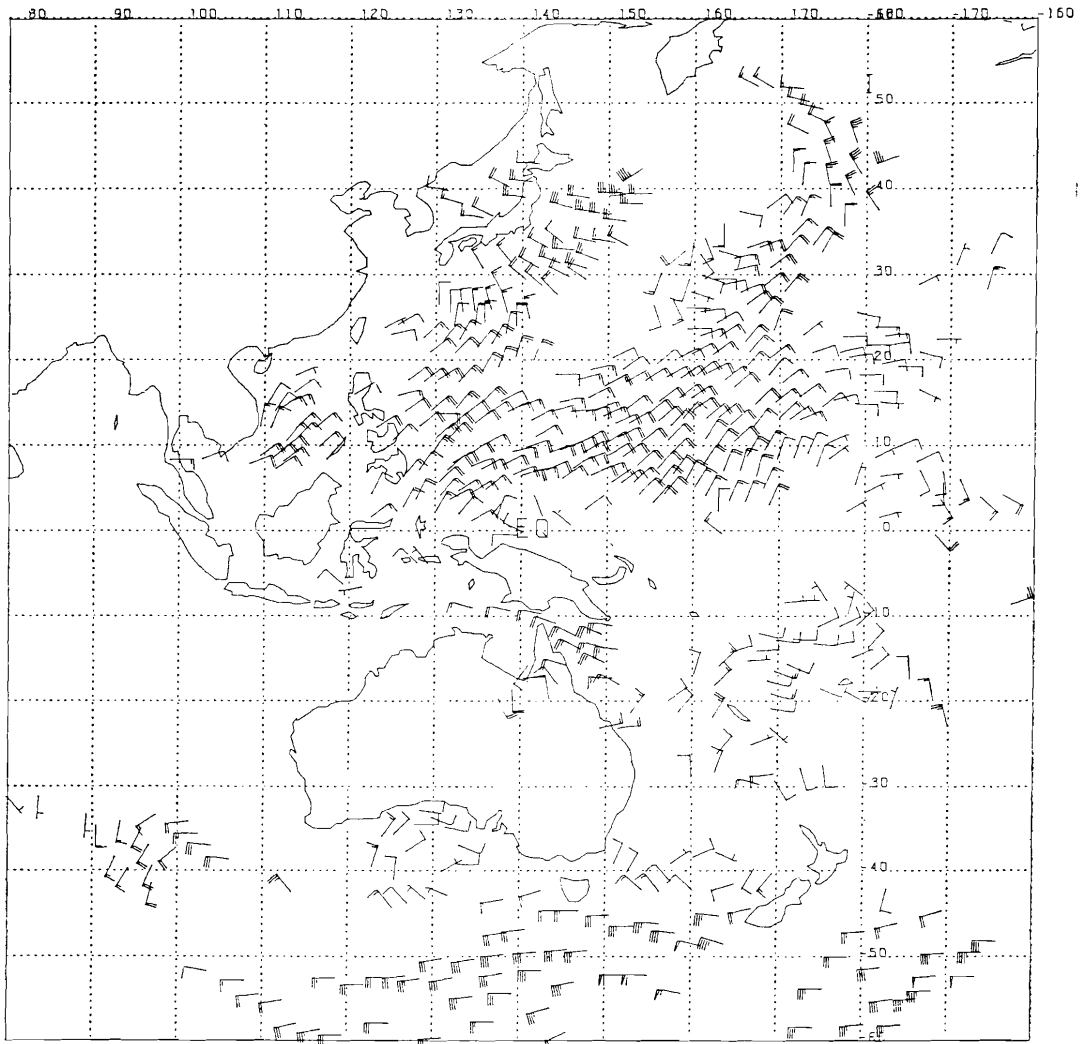
```

第16図 風データの速度差のヒストグラム出力。CRT にも同じものが出力される。1 個の追跡雲について時間的に連続した 2 個のベクトルがあるとき、それらの差。下から 2 行目の TROPIC は 15°N-15°S の範囲、その右の 1-3 など風の高高度で最下行に風の個数が示されている。

第6表 (前頁からのつづき)

風計算結果の出カリスト, CRT 上には1行の字数の制約から, 項目 V (v-成分) までのみが出カされる。各項目の意味・単位は以下。
 NUM : ベクトルに付加された一連番号。3枚の画像で2つの連続するベクトルを得たときはこの例の様に奇数番号, 偶数番号がそれぞれ第1のベクトル, 第2のベクトルとなる。オペレータが不良ベクトルの削除を行なうと, それ以後のベクトルの番号は繰上がって空きは自動的になくなる。

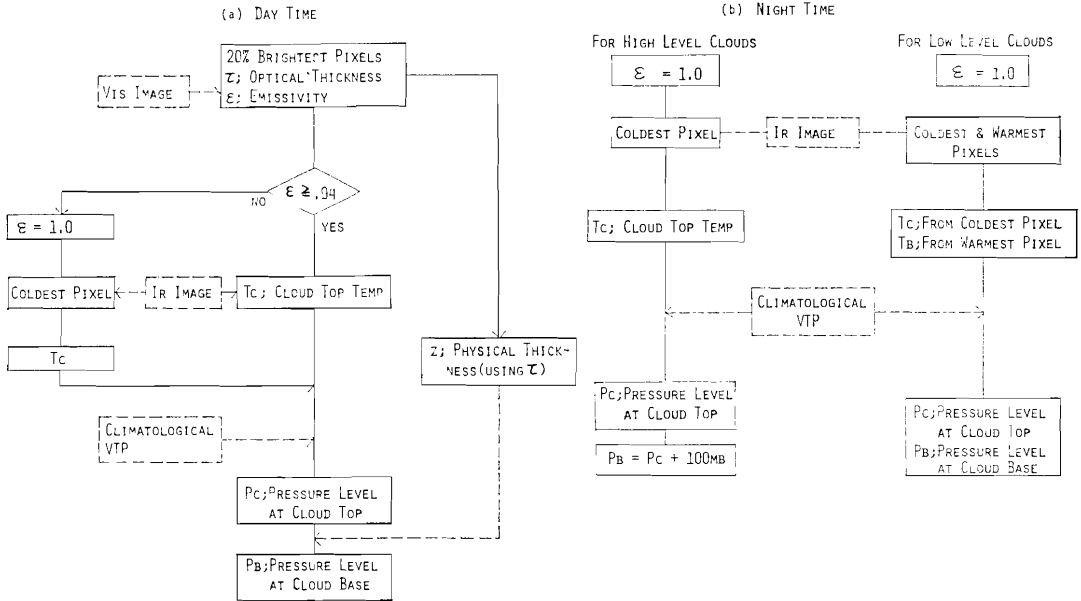
DAY : 第2表の 'SSYYDDDD' による。
 T1, T2 : 始終点画像時刻。
 CTPSMIH : 第5表を見よ。
 LAT, LON : 緯経度 (度, 分, 秒)。
 U, V, SPEED, DIRECT : 風の u, v 成分, 風速, 風向。
 THICKMB : 雲の厚さ (mb)
 TEMP : 雲頂の温度 (°K)
 CASE : 雲頂・雲底温度の計算法で可視画像を使用しなかった場合が '4' (第3.7節および第18図を参照のこと)。
 BOTKM : 雲底高度 (km)
 TOPMB, TOPKM : 雲頂高度 (mb, km)



DAY 79037 TIME223300 700- 999 MB WINDS

第17図 McIDAS で算出された風ベクトルの XY プロッタ出力図*。FGGE の SOP 期間（特別観測期間，新田等，1979参照）日本の GMS 画像から SSEC が算出した風のデータをプロットしたもの。1979年2月7日 00Z の下層風。

* 出力プログラムは，原形はカリフォルニア大学の R. L. Parker により作成された。NCAR で作成したその改訂版（Lee による）を SSEC の E. A. Smith がさらに改訂してウイソコンシン大学計算センターに Univac 1110 用に登録したプログラムを使用してこの出力図を得た。



第18図 McIDAS における雲頂高度、雲底高度算出処理の流れ図

- (a) 昼間、すなわち可視画像が存在するときの処理流れ図。射出率 $\epsilon \geq 0.94$ のときは、その ϵ を使って雲頂温度 T_c を求める。この場合が Case 2 と呼ばれ、そうでない場合は Case 4 と呼ばれている。
- (b) 夜間、すなわち赤外画像のみでの処理流れ図。この処理は昼間の ϵ の推定失敗の場合と同じく Case 4 と呼ばれている。

なお Case 1 と Case 3 は現在は使用されていない (システムから取除かれた)。

3.7 McIDAS における雲頂高度の算出と風の高度の与え方

McIDAS の風計算システム WINDCO に組み込まれている雲頂高度算出プログラムは CLDHGT と呼ばれている。この操作は雲の移動量の測定とは別に独立して行なうこともできるし、移動量測定と平行して同一ターゲットについて行なうこともできる。

雲頂高度算出の方法は第18図の流れ図に示したが、昼間には可視画像を使って太陽高度と衛星の方位角による反射強度の補正 (Normalization) を行なった後 Optical thickness (光学路程) を算出、それから射出率を求める。その射出率により赤外画像から雲頂高度を求める。一方 Optical thickness から雲の Physical thickness (ここでは実際の雲の厚さ) を求めておき雲底高度を求める。後で述べる様に雲頂高度と雲底高度から風に付加する高度が決められる。射出率の推定に失敗した時は、赤外の最も低温の1ピクセルから雲頂高度を求めるが、その後の処理は同じである。

夜間には可視画像が得られないので赤外画像のみから高度を求める。上層雲に対しては射出率 $\epsilon = 1.0$ として

最も冷いピクセルから雲頂高度を、それより 100mb 低いところを雲底高度とする。下層雲に対しては、 $\epsilon = 1.0$ として最も冷いピクセルと最も暖いピクセルから、それぞれ雲頂と雲底高度を求める。

いずれの場合でもオペレータによるチェックが行なわれ、不良と判断された場合は修正される。詳細な処理については Mosher (1974) に記述されているのでここでは省略する。以下は、まだ印刷物となっていない部分で Fred Mosher から直接聞き出したものである。

a) 風の高度として何を採用するか

雲頂の高度や雲底の高度が、算出された風の高度を必

第7表 McIDAS における風の高度の付加方法

P_T : 雲頂の高度 (mb)	
P_B : 雲底の高度 (mb)	
P_W : 付加される風の高度 (mb)	
$P_B > 850$ mb のとき	$P_W = P_B$
$850 \text{ mb} \geq P_B \geq 200$ mb のとき	$P_W = \frac{P_T + P_B}{2}$
$200 \text{ mb} > P_B$ のとき	$P_W = P_T$

らずしも表わしていないことは既に良く知られていることである (Hasler, et. al., 1977; Hasler et. al., 1979; Hnbert et. al., 1971等を参照のこと)。McIDAS では第7表に示す様に高度を付加している。これらは如何にも便宜的方法と見受けられるが、現実には多くの追跡雲に簡単に高度を付加する方法として他に良い方法が無いといったところであろう。Mosher に直接きいたところでは、それぞれについての考え方は次の様である。

$P_B > 850$ mb のとき：下層の積雲を追跡した場合であり、雲底高度の風に流されるということは、上に述べた文献その他の調査により認められている。

$850 \text{ mb} \geq P_B \geq 200$ mb のとき：層状雲を追跡した場合が仮定されており、上下方向に運動量の交換が良く行なわれており、平均的な高さの風に流される。

$200 \text{ mb} > P_B$ のとき：じょう乱域以外の絹雲を追跡した場合であり、雲は絹雲の雲頂付近で形成され下方に流されるにしたがって鉛直シャーによって美しい形を作り出す。したがって雲は雲頂の風に流される。

b) 雲の Physical thickness の求め方

赤外画像で測定できるのは通常雲頂の高度である。ところが下層の積雲の追跡結果に付加する風の高度としては雲底高度が必要である。McIDAS では可視画像から算出された Optical thickness から Physical thickness を求めて雲底高度を算出している。これらの間の関係は

$$\tau = \rho \sigma Z$$

- ただし τ : optical thickness
 Z : physical thickness
 ρ : density
 σ : scattering cross section

で表わされる。このうち $\sigma \rho$ は雲の種類等により変化する。下層の雲に対しては、Deirmendjian (1969) の Table T. 36の値、

$$\sigma \rho = \beta = 16.73 \text{ km}^{-1}$$

(波長 $\lambda = 0.70 \mu\text{m}$ 入に対する値)

を採用している。空港でのシーロメータによる雲の高さ、厚さと衛星での観測値による2・3のチェックで、この値が合理的なものであることが確かめられたということである。この値は氷晶の存在しないとき ($T_c \geq 273^\circ\text{K}$) に採用される。氷晶の存在する場合については、高い雲頂を持つ雷雲について雲底が地上に達していると考えて経験的に β を与えた。その結果、

$$Z = \frac{\tau}{\beta}$$

ただし $\beta = 16.7 \text{ km}^{-1}$ ($T_c \geq 273^\circ\text{K}$)

$$\beta = \frac{16.7}{\left(\frac{273 - T_c}{40.5}\right) + 1} \text{ km}^{-1} \quad (T_c < 273^\circ\text{K})$$

を physical thickness を求めるのに使用している。誤差は±50%とかなり大きいようである。実験式を得たデータや誤差の検定の資料はきちんとまとめられていなくて入手できなかった。

4. 入手文献

滞在中に入手した文献(別刷、コピー等も含む)の一覧表を付録に示す。この中には、筆者が調査等に使用したものの他に、たまたま本庁や気象衛星センターの方々から資料の取得を依頼されたりしたために入手したものの、ごく一部であるが、SSECで参照しただけで手元に無いものなどもある。

謝辞

本報告書を発表するにあたって、筆者を快く受入れてくれました SSEC の所長 Verner E. Suomi はじめ研究者、技術者、職員の皆様に深く感謝致します。いろいろと相談に応じ、討論の相手をし、SSECでの筆者の活動を終始援助して下さいました Fred Mosher, 計算機の使用などで常にお手伝い頂いた Carl Norton, McIDAS ターミナルのオペレーションに関して指導、援助して下さいました J. T. Young, Dee Cavallo, その他書ききれない程多くの方々の協力を頂きましたことを特にここに記述し感謝の意を表明します。

References

浜田忠昭, 1979: 風計算, GMS システム総合報告, II データ処理解説編 第3章, 気象衛星センター技術報告特別号 II-2, 昭和54年3月。
 浜田忠昭, 1980: 静止気象衛星「ひまわり」の画像からの風計算, 天気, 27, 139-158。
 新田尚, 1977: FGGF 観測体系と研究計画の現状, 天気, 24, 751-768。
 新田尚, 1979: 最近の気象資料, II 特別観測資料・国際協力事業の資料, 天気, 26, 463-466。
 Deirmendjian, D., 1969: Electromagnetic Scattering on Spherical Polydispersions, American Elsevier, New York, pp. 290。
 Hasler, A. F., W. E. Shenk and W. C. Skillman,

- 1977 : Wind estimates from cloud motions: Results from Phases I, II and III of an *in situ* aircraft verification experiment, J. Appl. Meteor., **16**, 812-815.
- Hasler, A. F., W. C. Skillman, W. E. Shenk and J. Steranka, 1979 : *In situ* aircraft verification of the quality of satellite cloud winds over oceanic regions, J. Appl. Meteor., **18**, 1481-1489.
- Hubert, L. F. and L. F. Whitney, 1971 : Wind estimation from geostationary-satellite pictures, Mon. Wea. Rev., **99**, 665-672.
- Mosher, F. R., 1974 : SMS Cloud Heights, An interim report on the development of the Man-computer Interactive Data Access System, An unpublished report, Madison, Wis. pp. 25.
- Smith, E. A., 1975 : The McIDAS system, IEEE Trans. on Geoscience Electronics, GE-**13**, 123-136.
- Suomi, V. E., 1975 : Man-computer Interactive Data Access System (McIDAS), Final report Contract NAS 5-23296, SSEC, Univ. of Wisconsin.

略語表

A/P	Applications Processor
CLDHGT	McIDAS の雲頂高度算出プログラムの名前
CRT	Cathod Ray Tube
C/R	Carriage Return
DBM	Data Base Manager
DMSP	Defence Meteorological Satellite Program
ESA	European Space Agency
FGGE	First GARP Global Experiment
GARP	Global Atmospheric Research Program
GMS	Geostationary Meteorological Satellite
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
L/F	Line Feed
McIDAS	Man-computer Interactive Data Access System
MSC	Meteorological Satellite Center of Japan
NASA	National Aeronautic and Space Administration
NESS	National Earth Satellite Service, NOAA
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NSF	National Scientific Foundation
PBS	Public Broadcasting System
SDS	Station Data Sets
SFSS	Satellite Field Service Station, NESS
SOP	Special Observation Period
SSEC	Space Science and Engineering Center, UW
UW	University of Wisconsin
VAS	VISSR Atmospheric Sounder
VISSR	Visible and Infrared Spin Scan Radiometer
WINDCO	McIDAS の風計算プログラムの名前
WRRRM	Write Random Read Raster Memory

付録 ウィスコンシン大学での入手文献一覧表

- Anderson, R.K. and others (Primary authors), 1969 : Applications of meteorological satellite data in analysis and forecasting, Air Weather Service (MAC), United States Air Force, Tech. Rep. 212, June 1969.
- Arnold, A., 1956 : Representative wind aloft, Bull. Amer. Meteor. Soc., 37, 27-30.
- Barnes, S.L., 1973 : Mesoscale objective map analysis using weighted time-series observations, NOAA Tech. Memo., ERL NSSL-62, pp.60.
- Bengtsson, L., 1979 : Problems of using satellite information in numerical weather prediction, Proc. Tech. Conf. on Use of Data from Meteorological Satellites, London, France, 17-21 Sept. 1979 (ESA SP-143. oct. 1979).
- Besson, L., 1903 : The vertical component of the movement of clouds measured by the nephoscope, Mon. Weather Rev., 31, 22-24. Translated from the Annuaire, Societe, Meteorologique de France, 1902, 180-185.
- Besson, L., 1904 : A new nephoscope, Mon. Weather Rev., 32, 13-14, Translated from Annuaire de la Societe Meteorologique de France, Feb., 1903, 29.
- Chatters, G.C. and C.C. Norton, 1977 : Wind sets for GATE from SMS image cloud tracking, A report on NOAA contract 6-35311, Space Science and Engineering Center, June 1977.
- Deirmendjian, D., 1969 : Electromagnetic scattering on spherical polydispersions, American Elsevier, New York, pp.290.
- Dengel, G.A., 1979 : A false stereographic technique for separation of multiple cloud layers, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (Meteorology) at the University of Wisconsin-Madison, pp.51.
- Dight, F.H., 1931 : The significance of nephoscope observations, Meteor. Magazine, London. 65, 280-284.
- Douglas, C.K.M., 1922 : Observations of upper cloud drift as an aid to research and to weather forecasting, Q.J.R. Meteor. Soc., 48, 342-356.
- Downey, W.K. and J.L. McGregor, 1978 : Some diagnostic aspects of a model retained baroclinic zone, Australian Meteorological Magazine, 26, No.4, Dec. 1978, 95-105.
- Fett, R.W., 1979 : Environmental phenomena and effects, The Walter A. Bohan Company, Navy Tactical Applications Guide, Defence Meteorological Satellite Program (DMSP).
- Hambrick, L.N. and D.R. Phillips, 1980 : Earth locating image data of spin-stabilized geosynchronous satellite, A report on the contracts, DOC 7-35229, DOC 01-8-M01-5347, NA79-KAC00026, and NA79-SAC00744, pp.49, Appendices and programs.
- Hasler, A.F., W.C. Skillman, W.E. Shenk and J. Steranka, 1979 : In situ aircraft verification of the quality of satellite cloud winds over oceanic regions, J. Appl. Meteor., 18, 1481-1489.
- Hinton, B.B., 1977 : Climatology based on winds derived from cloud motions, Study of soundings and imaging measurements, Final Scientific report on NAS5-21798, SSEC, Univ. of Wisconsin-Madison, Madison, Wi. 53706.
- Hubert, L.F., 1979 : Some comments on satellite winds for the first FGGE Intensive Observation Period (IOP-Jan/Feb. 1979), Distribution on July 2, 1979, unpublished.

- Jenkinson, A.F., 1954 : Upper winds from nephoscope observations, Meteor. Magazine, London, 83, No.979, 174-175.
- Johnson, D.R. and W.C. Shen, 1968 : Profiles of infrared irradiance and cooling through a jet stream, Mon. Weather Rev., 96, 559-572.
- Johnson, G.L. and D. Suchman, 1980 : Intercomparisons of SMS wind sets: A study using rapid-scan imagery, Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison, March, 1980.
- Julian, P.R. and M. Kanamitsu, 1980 : Proposed adjustment of cloud-motion winds in ECMWF Level III-b analysis scheme, Unpublished Tech. Memo, ECMWF.
- Lally, V.E., (Scientific Editor), 1978-1979 : Systems and techniques for synoptic windfinding, Atmospheric Technology, National Center for Atmospheric Research, No.10-Winter 1978-79.
- Lee, D.H., 1979 : Level assignment in the assimilation of cloud motion vectors, Mon. Weather Rev., 107, 1055-1074.
- Lemar, P. and W. Bonner, 1975 : Comparisons between NESS and Wisconsin cloud tracked winds, NASA contract S-70252-AG, Data Assimilation Branch, Development Division, NMC, pp.17 and figures.
- Lenhard, R.W., 1973 : Variability of wind over a distance of 16.25 km, J. Appl. Meteor., 12, 1075-1078.
- Luers, J.K. and C.D. MacArthur, 1974 : The limitation of wind measurement accuracy for balloon systems, J. Appl. Meteor., 13, 168-173.
- Martin, D.W., G.C. Chatters and D. Suchman, 1975 : GATE area wind sets from SMS images, A report on NASA contract NAS5-23296, Space Science and Engineering Center, Oct. 1975.
- Marvin C.F., 1896 : Cloud observations and an improved nephoscope, Mon. Weather Rev., 24, 9-13.
- Menzel, P., 1979 : Review of VAS instrument, unpublished report, SSEC, Madison, Wi.
- Montgomery, H. and D. Endres, 1977 : Survey of dwell sounding for VISSR Atmospheric Sounder (VAS), Goddard Space Flight Center, X.942-77-157, June 1977.
- Mosher, F.R., 1975 : Report on the Wisconsin participation in the August-September 1975 DST, Internal report, Space Science and Engineering Center, Madison, Wi.
- Mosher, F.R., 1976 : Report on the Wisconsin participation in the January-February 1976 DST, Internal report, Space Science and Engineering Center, Madison, Wi.
- Mosher F.R., 1977 : Feasibility of using water vapor as a tracer to obtain winds from satellite observations, Studies of soundings and imaging measurements, Final scientific report on NAS5-21798, Space Science and Engineering Center, Madison, Wi, 171-194, July 1977.
- Mosher, F.R., 1979 : Visible flux variations across finite clouds, A thesis submitted in the partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Meteorology), Univ. of Wisconsin-Madison, pp.109.
- Mosher, F.R., 1980 : The compatibility of cloud tracked winds from the United States, European and Japanese geostationary satellites, Presented at the symposium on System Performance and Early Results of the Global Observing System for FGGE (COSPAR 23rd Plenary Meeting), Budapest, Hungary, 4-7 June 1980.

- Mosher, F.R., ????: Cloud height determination, Proceedings of the COSPAR Meeting.
- Mosher, F.R. and F. Kahwajy, 1980 : GOES-Indian Ocean FGGE Operations, United States operations in the Global Weather Experiment, NOAA/FGGE Project Office, In preparation.
- Mosher, F.R. and C. Norton, 1980 : Report on the University of Wisconsin participation in the First GARP Global Experiment, WMO, in preparation.
- Mosher, F.R. and B. Sawyer, 1976 : Comparison of wind measurement system : Cloud tracked winds vs. rawinsonde winds, and rawinsonde winds vs. rawinsonde winds, NASA final Technical report on NGR 50-002-215, the University of Wisconsin, Madison, Wi.
- Pick, W.H. and D.F. Bowering, 1929 : Cirrus movement and the advance of depressions, Q.J.R. Meteor. Soc., 55, 71-72.
- Rodgers, E., R.C. Gentry, W.E. Shenk and V. Oliver, 1979 : The benefits using short-interval satellite images to derive winds for tropical cyclones, Mon. Weather Rev., 107, 575-584.
- Salomonson, V.V., 1975 : EOLE balloon and ATS cloud motion comparisons, J. Appl. Meteor., 14, 1266-1270.
- Scoggins, J.R. and others, 1977 : Satellite-rawinsonde wind determination comparisons, Distribution from W.W. Vaughan, Atmospheric Science Division, Space Science Laboratory, NASA, March 21, 1977.
- Shenk, W.E. and R.J. Curran, 1973 : A multi-spectral method for estimating cirrus cloud top heights, J. Appl. Meteor., 12, 1213-1216.
- Shenk, W.E. and R.J. Holub, 1972 : A multispectral cloud type identification method using NIMBUS 3 MRIR measurements, Preprints of Conf. on Atmospheric Radiation, Fort Collins, Colo., 152-154.
- Shenk, W.E. and V.V. Salomonson, 1972 : A simulation study exploring the effects of sensor spatial resolution on estimates of cloud cover from satellites, J. Appl. Meteor., 11, 214-220.
- Smith, W.L., 1978 : Determination of Vertical temperature profiles, Paper presented at the WMO/UN Regional Training Seminar on the Interpretation, Analysis and Use of Meteorological Satellite Data, Tokyo, Japan, 23 October to 2 November 1978.
- Smith, W.L., C.M. Hayden, H.M. Woolf, H.B. Howell and F.W. Nagle, 1979 : Satellite sounding applications to mesoscale meteorology, (COSPAR) Remote Sounding of the atmosphere from space (edited by H.J. Bolle), Pergamon Press, Oxford and New York.
- Smith, W.L. and H.M. Woolf, 1976 : The use of eigenvectors of statistical covariance matrices for interpreting satellite sounding radio-meter observations, J. Atmos. Sci., 33, 1127-1140.
- Smith, W.L., H.M. Woolf, C.M. Hayden, D.Q. Wark and L.M. McMillin, 1979 : The TIROS-N operational vertical sounder, Bull. Amer. Meteor. Soc., 60, 1177-1187.
- SSEC, 1977 : Interactive video displays for atmospheric studies, Proceedings of a workshop at the Univ. of Wisconsin-Madison, 14-16 June 1977.
- SSEC, 1977 : A proposal to the National Aeronautic and Space Administration, Global Atmospheric Research Program Applications of Global Data set, for the support of a study on the meteorological significance of cloud tracked winds during DST-5 and DST-6, 12 August 1977.

- SSEC, 1979 : The VAS program contribution to severe storm detection (SSEC briefing), Space Science and Engineering Center, May 14, 1979.
- Suchman, D. and D.W. Martin, 1976 : Wind sets from SMS images : An assessment of quality for GATE, J. Appl. Meteor., 15, 1265-1278.
- Suomi, V.E. and P. Menzel, 1978 : The University of Wisconsin VAS data processing system, A final design report under NASA contract NAS5-21965, the University of Wisconsin, SSEC, pp.19.
- Virgi, H., 1979 : Summer circulation over south America from satellite data, paper for the degree of doctor of Philosophy (Meteorology), University of Wisconsin-Madison, pp.146.
- Widger, W.K., P.E. Sherr and C.W.C. Rogers, 1965 : Practical interpretation of meteorological satellite data, Air Weather Service (MATS), United States Air Force, Tech. Rep. 185, March 1965, Prepared for AF Cambridge Research Laboratories under contract AF 19(628)-2471.
- Young, J.A., H. Virgi, D.P. Wylie and C. Lo, 1980 : Summer monsoon wind-sets from geostationary satellite data, (Summer MONEX : 1 May-31 July, 1979) SSEC and Dept. of Meteorology, UW-Madison, National Science Foundation, under grant ATM-78-21873.