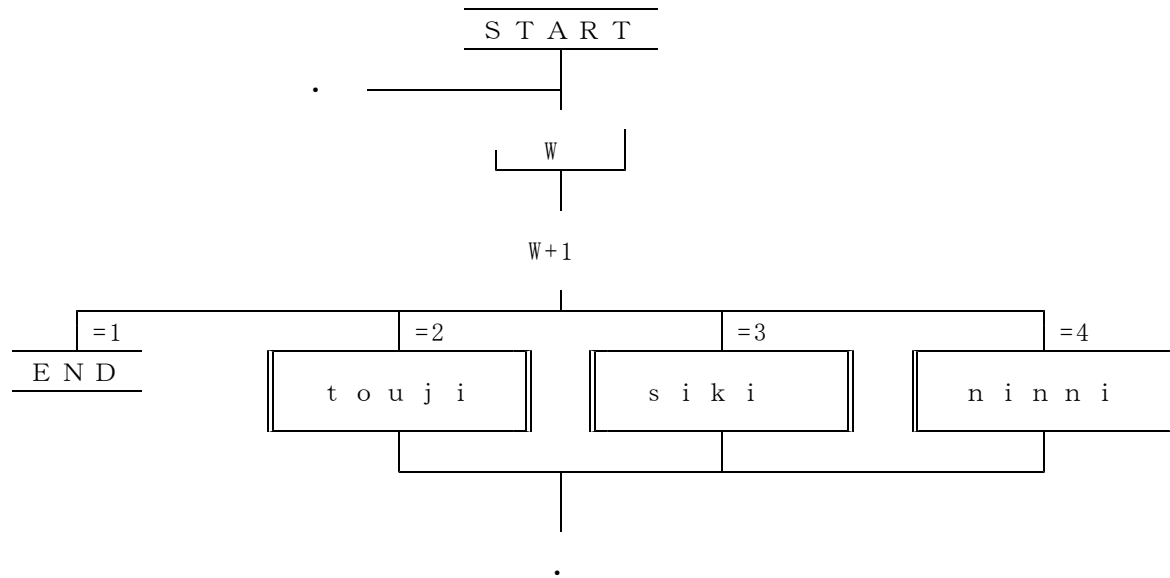


(6) プログラムの説明

- ・ フローチャート

(a) ゼネラルフローチャート

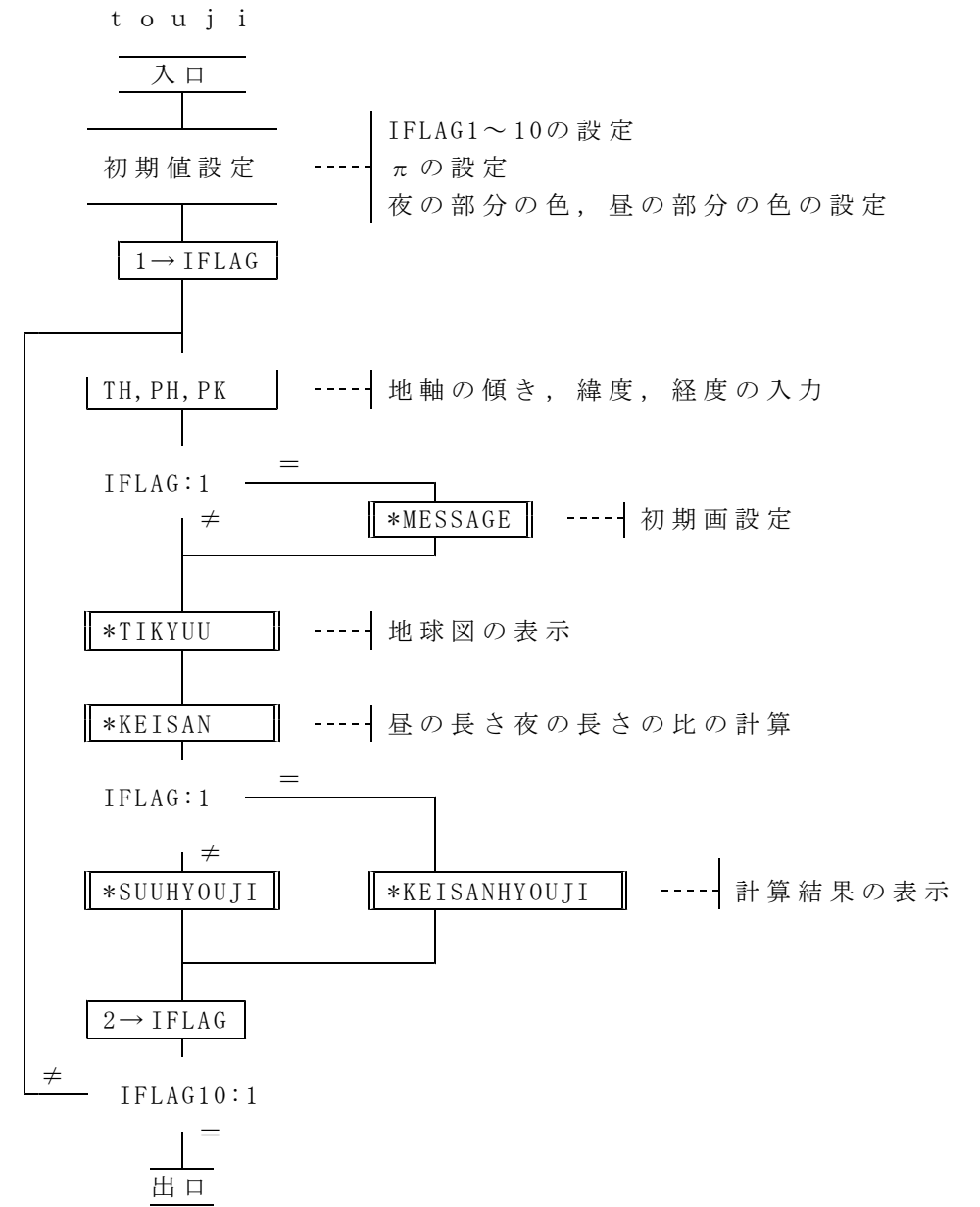


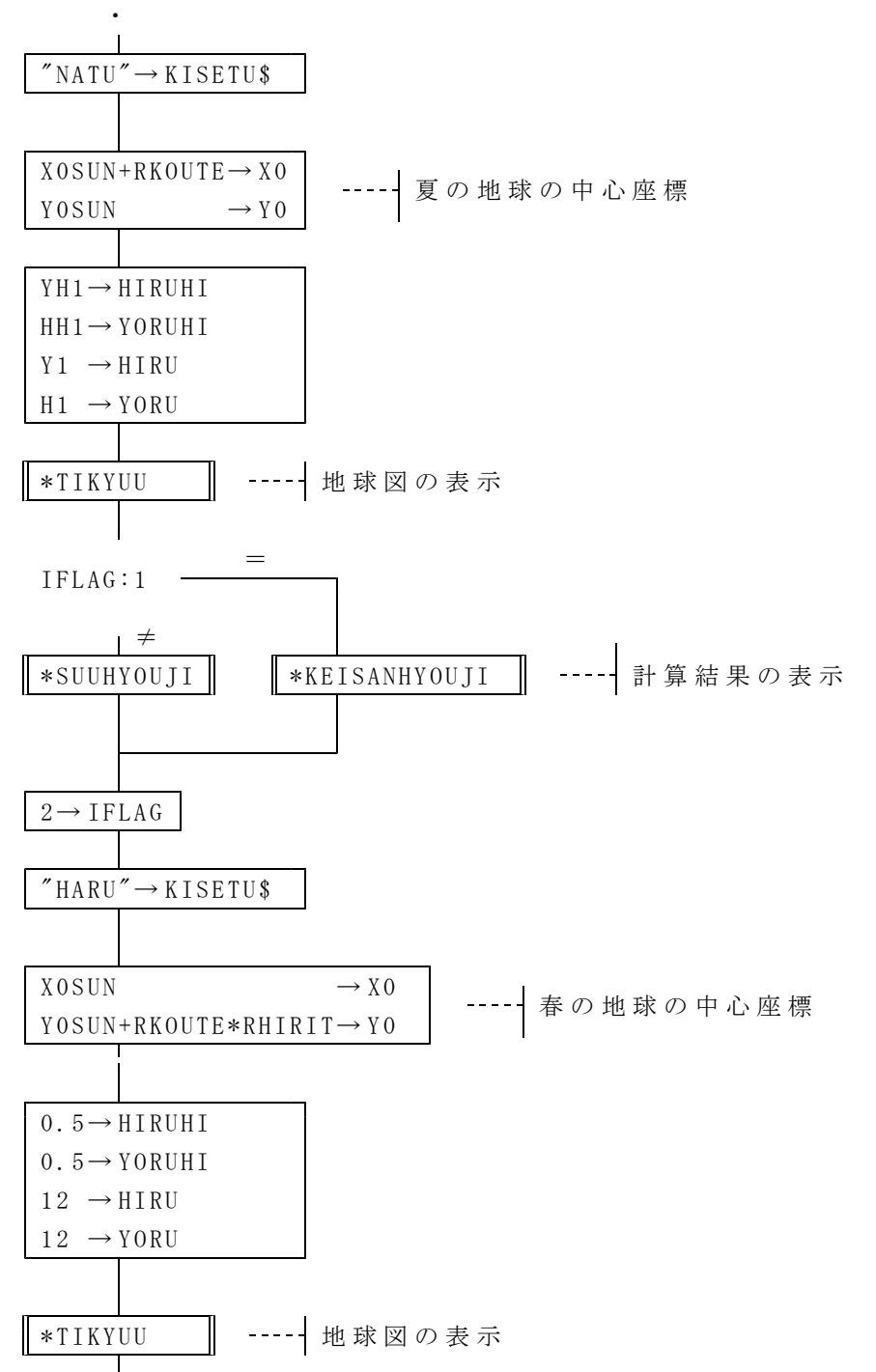
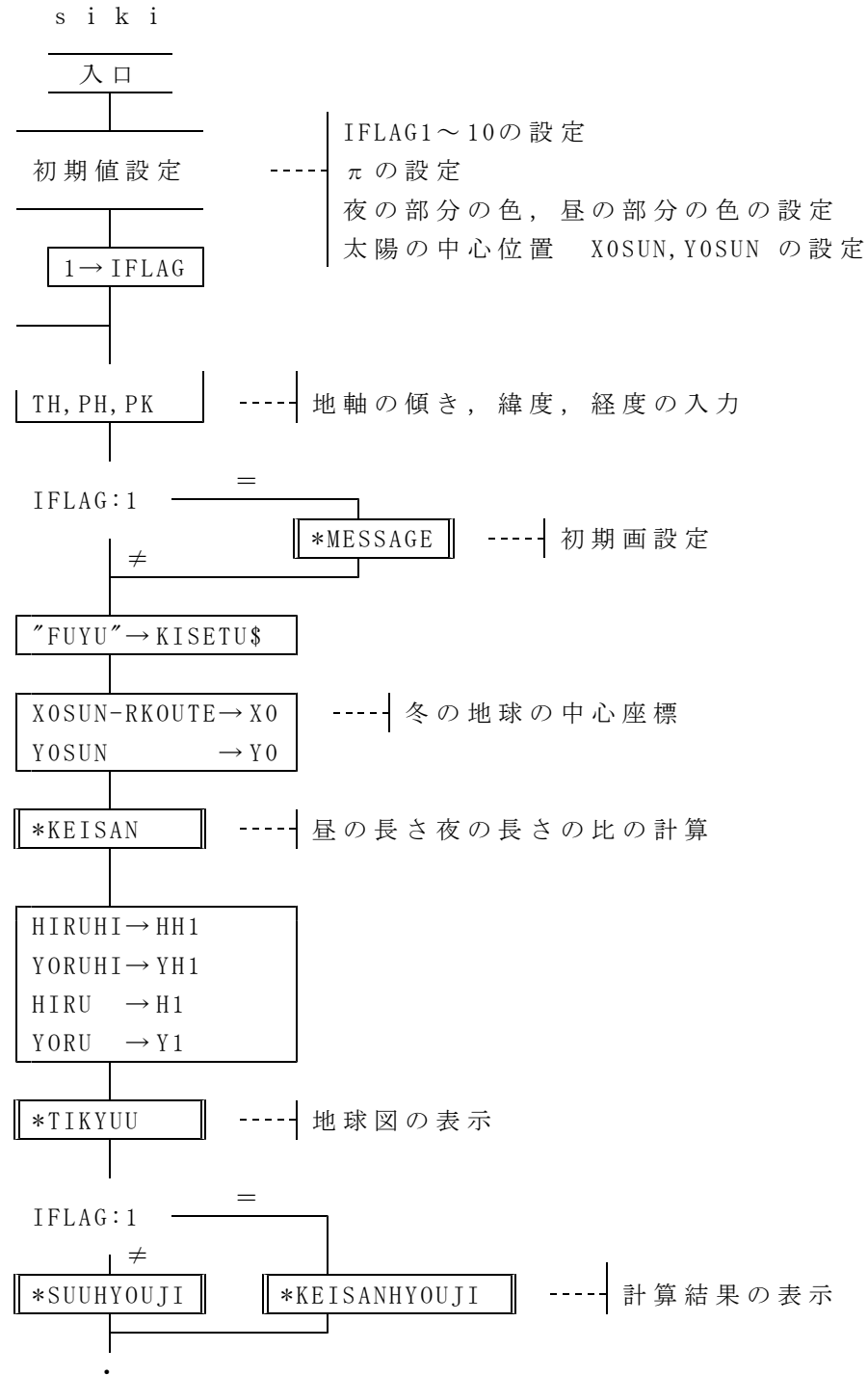
サブプログラム： t o u j i . . . 冬至における地軸の傾きと昼の長さ夜の長さの変化についてのプログラム（円起動）

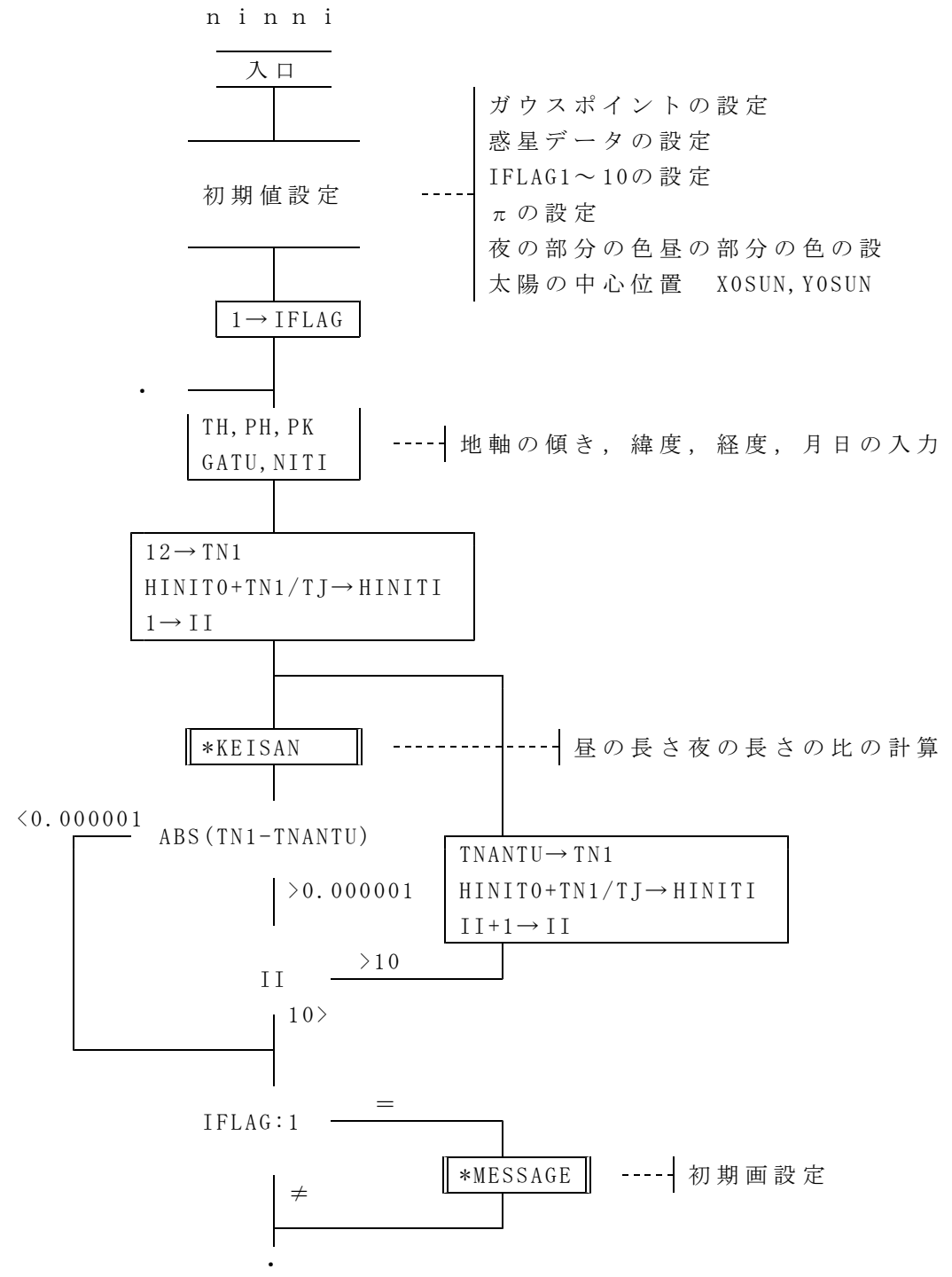
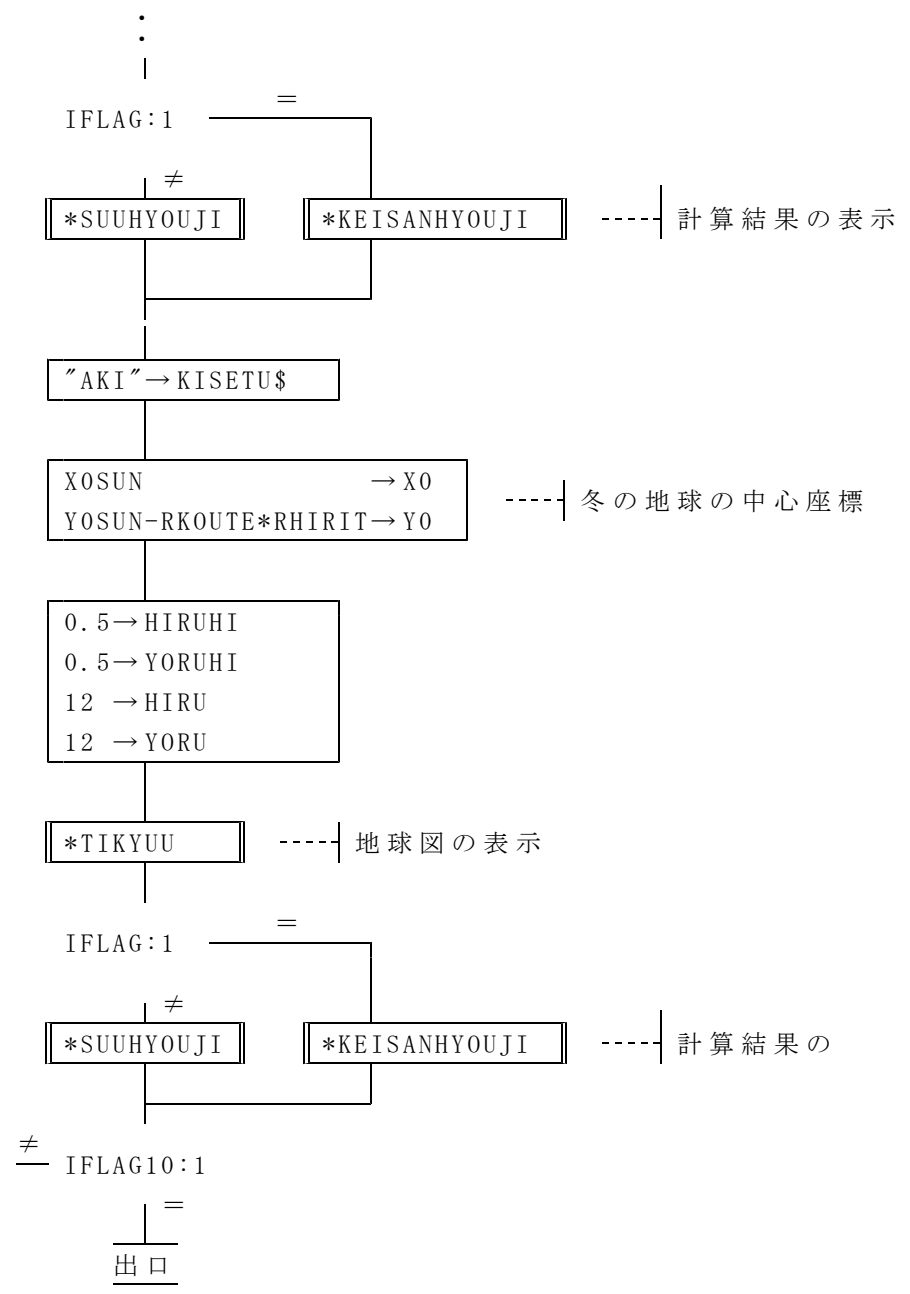
サブプログラム： s i k i . . . 四季における地軸の傾きと昼の長さ夜の長さの変化についてのプログラム（円起動）

サブプログラム： n i n n i . . . 任意の日における地軸の傾きと昼の長さ夜の長さ、南中時刻の変化についてのプログラム（円軌道、楕円軌道）

(b) デイテールフローチャート







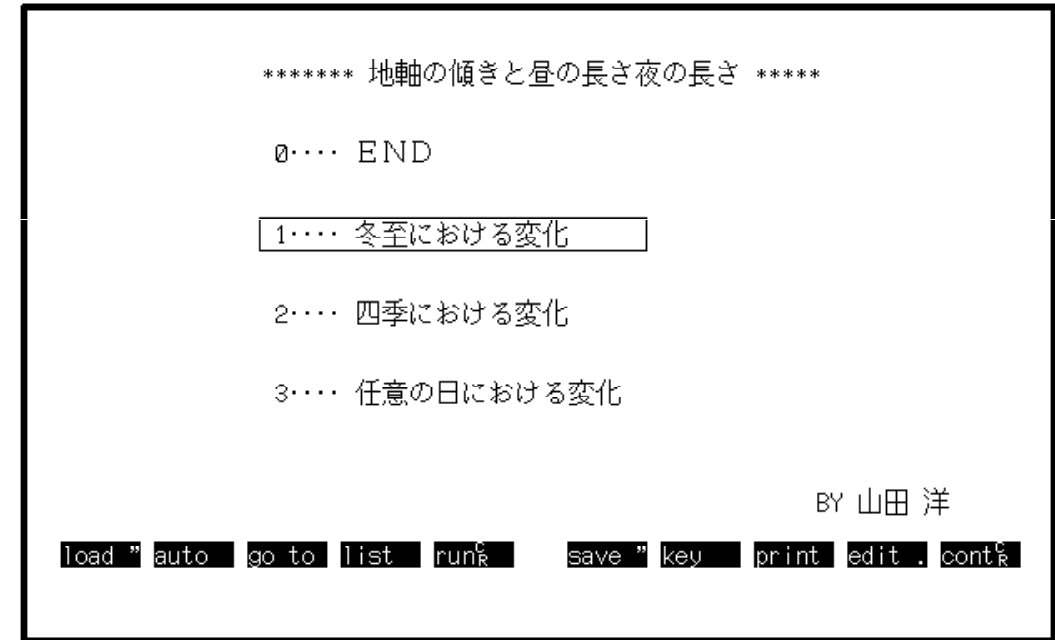
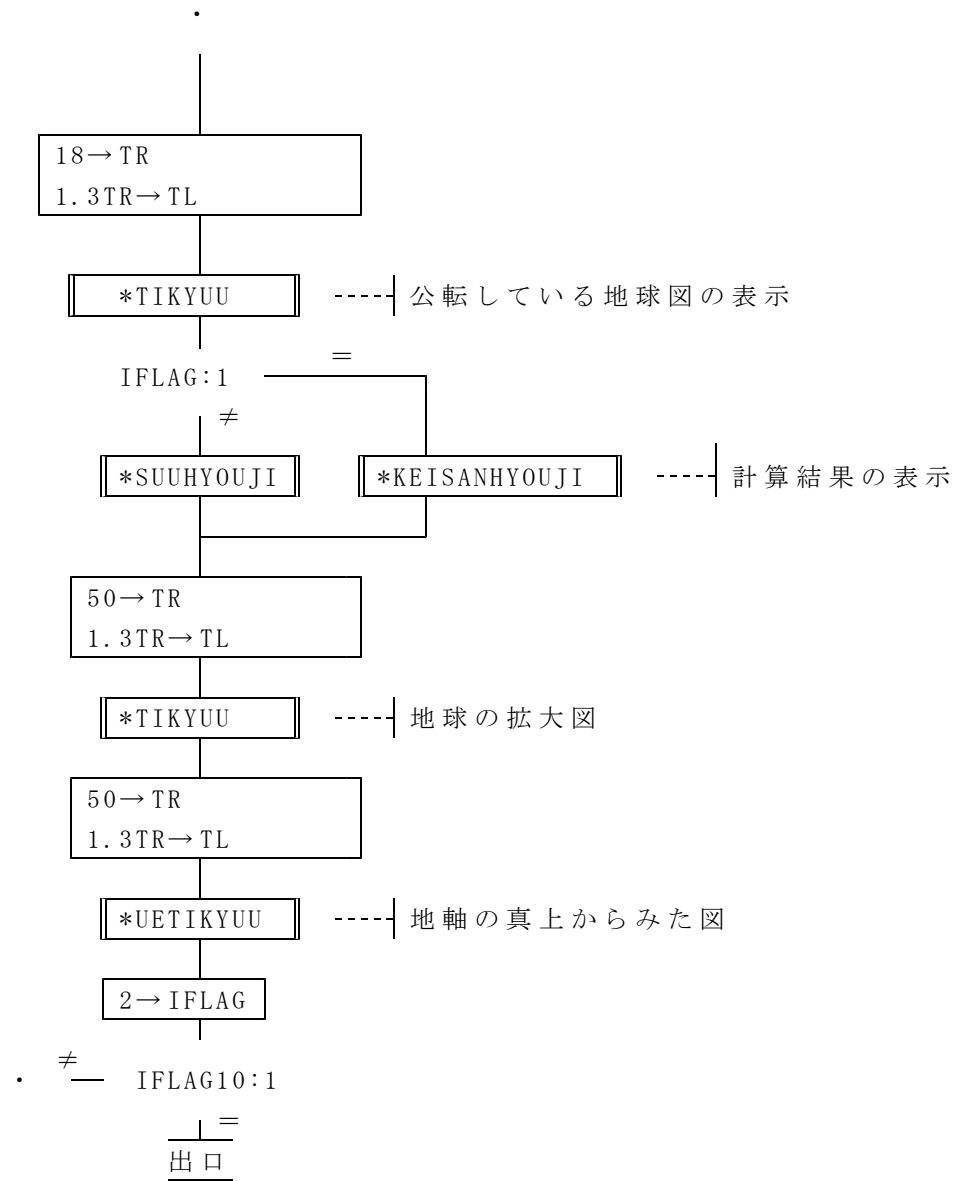


図 1 3

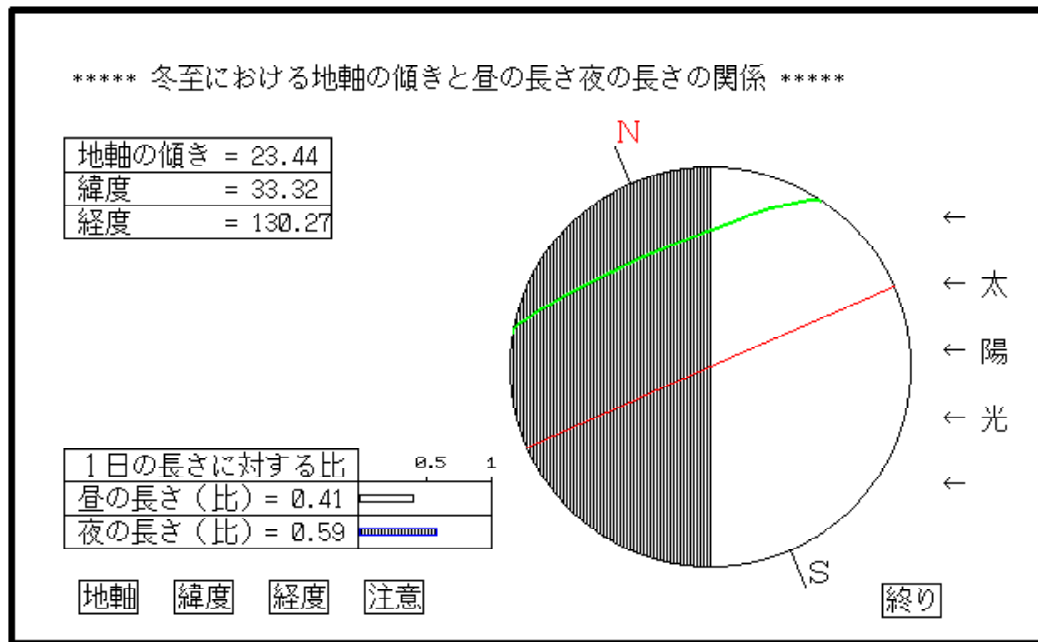


図 1 4

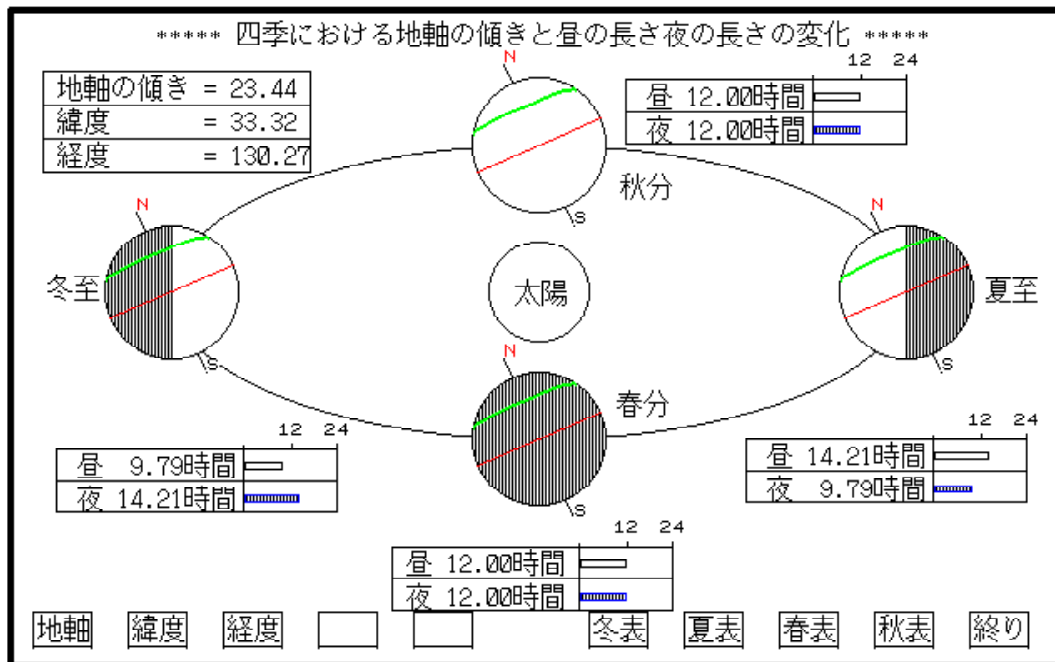
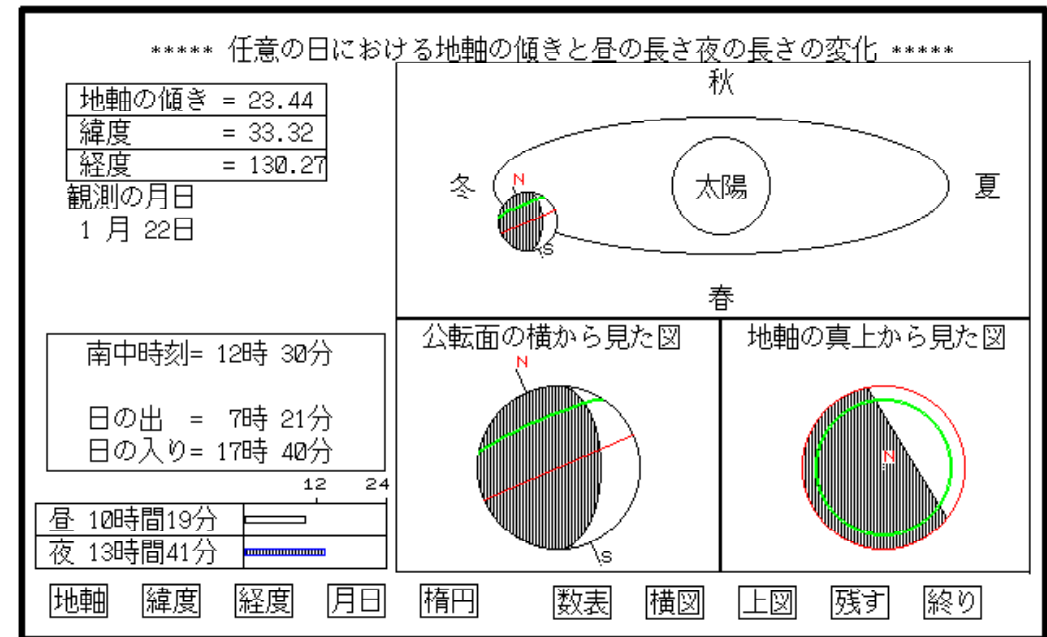


図 1 5



・ プログラムドキュメント

- (a) ソフトウェア名 : 地球の公転における季節変化
- (b) ソフトウェアの種別 : C A I (様式 シミュレーション)
- (c) 使用システム
 - 機 器 : N E C -9801シリーズ他
 - 使用言語 : N88-BASIC(86)
 - プログラムサイズ : 71488バイト
 - その他の注意事項 : LOAD"MENU.BAS"
- (d) 開発者
 - ・ 個人 所属名 : 佐賀県立金立養護学校
 - 住 所 : 〒840-02 佐賀市金立町大字金立2339番地

氏 名 : 山 田 洋

TEL 0952-98-1137

(e) 開発年月日 : 平成元年10月～2年3月
 平成元年度佐賀県教育センター長期研修 (C A I 教育) にて作成

- 1) 地軸の傾き、緯度を入力して冬至における日の長さ夜の長さの比を出すことができる。
- 2) 冬至における日の長さ、夜の長さの比が棒グラフで出てくる。
- 3) 冬至における太陽光線の当たり具合と赤道、観測位置の自転状態が図示される。

(f) ソフトウェア作成のねらい

今まで、「地球の公転」の単元を扱う場合には、観察記録の結果を十分に活かす事は出来なかった。また、この単元は、小学校理科のように天動説的な捉えさせ方ではなく地動説的立場に立ち、理解させて行かねばならない。この事は、子供達にとって大変難しい事でもある。従って、分かりやすい身近な観察記録の結果を大切に、地球の公転や、地軸の傾きと昼夜の長さ関連付けて捉えさせて行くことが必要である。その一つの方法として、地球のモデルを地球儀として、昼夜の長さを紐で測る方法がある。しかし、地球儀だけでは、測定するのが難しくもあり、正確な値が出せず理解しづらい面もあった。そこで、地球儀で理解する時の補助的な道具として役に立つコンピュータシミュレーションを開発した。

・ サブプログラム : s i k i

- 1) 地軸の傾き、緯度を入力すると冬至、夏至、秋分、春分における日の時間、夜の時間を出すことができる。
- 2) ファンクションキーの選択により日の時間、夜の時間の棒グラフを表示させることができる。
- 3) 四季における太陽光線の当たり具合と赤道、観測位置の自転状態が図示される。

・ サブプログラム : n i n n i

- 1) 地軸の傾き、緯度、月日を入力するとその日の日の時間、夜の時間、南中時刻を出すことができる。
- 2) 計算をする場合に惑星の楕円軌道などの効果を入れて正確に出すことができる。(理科年表と比べて日の時間、夜の時間、南中時刻の誤差は30秒以内である。)
- 3) 任意の日の日の時間、夜の時間の棒グラフを表示させることができる。
- 4) 任意の日において太陽光線の当たり具合と赤道、観測位置の自転状態が図示される。(ファンクションキーでの選択でその図を残すことができる。)
- 5) 地軸の真上から見た図も表示できる。
- 6) 任意の日の日の長さ、夜の長さ、南中時刻の観測データを比較し、逆に地の傾きを求めることができる。

(g) ソフトウェアの特徴, 及び使用法

(ア) 地球儀を使って日の長さを出すには、日向の部分の長さを紐で測定するのであるが、これと同じ部分を計算で求めた。

(イ) 生徒の理解度に応じ、三段階にプログラムを分けサブプログラムとし、どこからでも出発出来る様にメニュー形式を取った。

メニュー	{	t o u j i . . .	冬至における地軸の傾きと日の長さ夜の長さの変化
		s i k i . . .	四季における地軸の傾きと日の長さ夜の長さの変化
		n i n n i . . .	任意の日における地軸の傾きと日の長さ夜の長さ、南中時刻の変化

それぞれのサブプログラムの特長

・ サブプログラム : t o u j i

(エ) 地軸の傾きを自由に変化させることが出来るので、現実には起こらない事現象を調べることが出来る。

(オ) 緯度経度も自由に変えることが出来るので、世界中の昼夜の長さや南中時刻を調べることが出来る。

(カ) 地球以外の他の惑星にも応用が出来る。

- (キ) 使いやすいように命令をファンクションキーに割り当てた。
- (ク) 入力時にRETURNキーを押すと以前入力した値が入るようにした。
- (ケ) 入力は、算用数字と . + - だけしか受け付けられないようにし、生徒達がどんな操作をしても画面が乱れないようにした。
- (ク) 利用場面
 - ・ t o u j i は、地球儀で測定することと同じ事をコンピュータでも計算していると理解させる時に利用する。
 - ・ s i k i は、四季における昼夜の長さの変化を同時に見たい時に利用する。
 - ・ n i n n i は、観測記録の結果と比較したり、楕円軌道の効果を見たりする時に利用する。
- (h) ファンクションキーの割り当て

サブプログラム全体に共通して言える事は、ファンクションキーの表示部分が青色になるとONの状態、黒色になるとOFFの状態であると言う事である。

- ・ サブプログラム： t o u j i
 - f・1 キー 地軸の傾きを入力するかしないか。
 - f・2 キー 緯度を入力するかしないか。
 - f・3 キー 経度を入力するかしないか。
 - f・4 キー 注意書きを表示するかしないか。
 - f・10キー サブプログラムを終了しメニューへ戻る。
- ・ サブプログラム： s i k i
 - f・1 キー 地軸の傾きを入力するかしないか。
 - f・2 キー 緯度を入力するかしないか。
 - f・3 キー 経度を入力するかしないか。
 - f・6 キー 冬至において昼夜の長さとそのグラフを表示するかしないか。
 - f・7 キー 夏至において昼夜の長さとそのグラフを表示するかしないか。
 - f・8 キー 秋分において昼夜の長さとそのグラフを表示するかしないか。
 - f・9 キー 春分において昼夜の長さとそのグラフを表示するかしないか。

f・10キー サブプログラムを終了しメニューへ戻る。

- ・ サブプログラム： n i n n i
 - f・1 キー 地軸の傾きを入力するかしないか。
 - f・2 キー 緯度を入力するかしないか。
 - f・3 キー 経度を入力するかしないか。
 - f・4 キー 月日を入力するかしないか。
 - f・5 キー 楕円軌道の効果を入れるか入れないか。
 - f・6 キー 昼夜の長さとそのグラフや南中時刻を表示するかしないか。
 - f・7 キー 公転面の真横から見た地球の図を表示するかしないか。
 - f・8 キー 地軸の真上から見た地球の図を表示するかしないか。
 - f・9 キー 公転する地球の図を残すか残さないか。
 - f・10キー サブプログラムを終了しメニューへ戻る。

(i) プログラムの詳細データ

(ア) 使用している変数名の説明
プログラム全体に共通する主な変数名のリストをあげておく。

表 3

変数名	意味
IFLAG1~10	ファンクションキーのON, OFFの情報
TH	地軸の傾き (deg) -180~180の値 (実質的に制限はない)
PH	緯度 (deg) -90~90の値 (+は北半球, -は南半球)
PK	経度 (deg) -180 180の値 (+は東経, -は西経)
PAY	円周率
TR	地球の半径 (ドット)
TL	地軸の長さ / 2 (ドット)
HTILE\$	昼の部分の色
YTILE\$	夜の部分の色
X0	グラフィクを描く画面の中心 (X座標)
Y0	グラフィクを描く画面の中心 (Y座標)
IFLAG	初めて入力したか (1) 2番目以降か (2) の判断
HIRUHI	昼の長さの比
YORUHI	夜の長さの比
HIRU	昼の長さ (時間)
YORU	夜の長さ (時間)
X0SUN	太陽の中心X座標 (ドット)
Y0SUN	太陽の中心Y座標 (ドット)
RKOUTE	惑星の公転半径

RHIRIT	公転軌道半径のY軸のX軸に対する比率
KISETU\$	季節の判断のための情報
ICONTI~10	どの部分を実行しているかの情報
GATU	月
HINITI	日
HI	月日を冬至からの日にちに直したもの(日)
HIR	回転角(rad)
JI	時
FUN	分
OMT	角速度×時間(rad)
X(I, J)	ガウスポイント
W(I, J)	X(I, J)に対する重み
TNANTU	南中時刻(時)
HINODE	日の出の時刻(時)
HINOIR	日の入りの時刻(時)

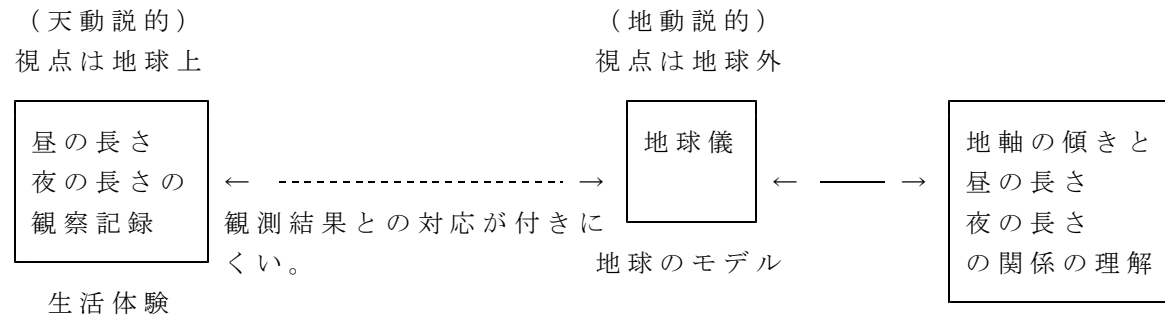
(j) 連絡先：佐賀県立金立養護学校 TEL 0952-98-1137

(k) 著作権：山田 洋

(7) プログラムの授業での使用法

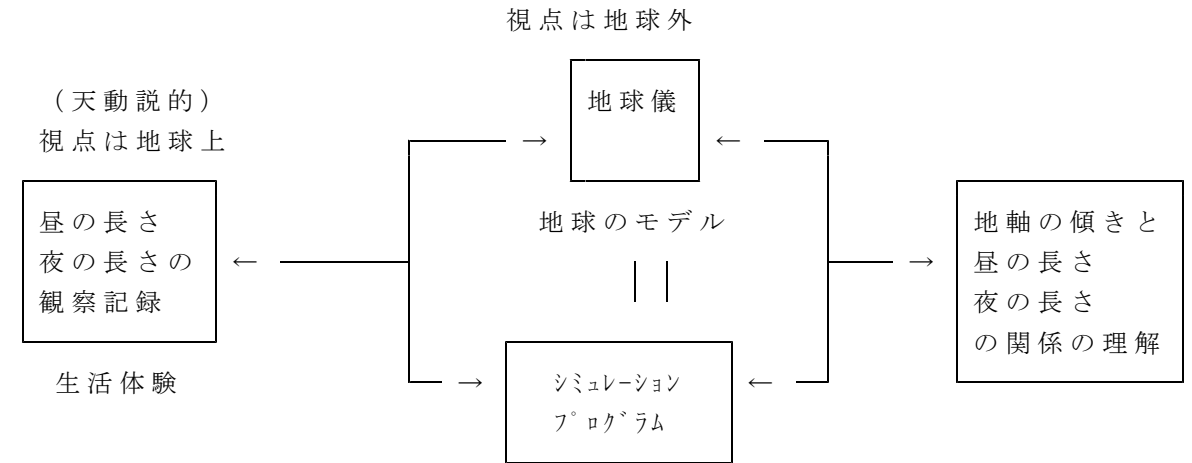
教授方略を考える時に、従来の考え方とシミュレーションプログラムを使用した時の考え方を比較した。また、より発展的な使用法や授業での使用法なども示した。

・ 従来の考え方



・ シミュレーションプログラムを使用した時の考え方

(地動説的)

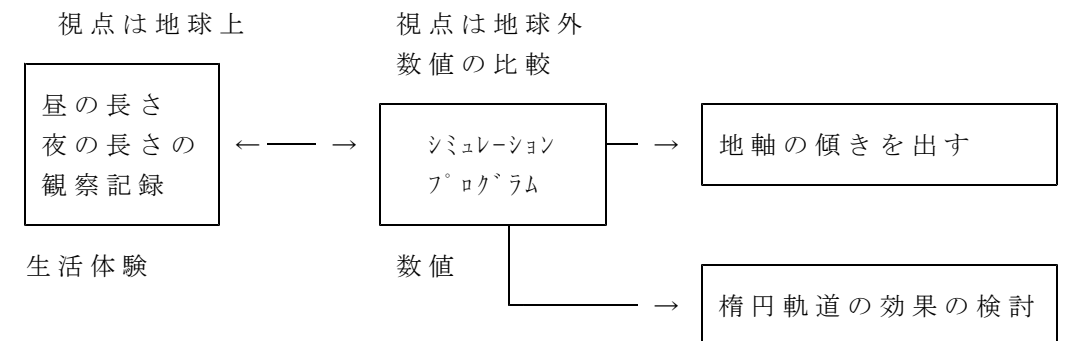


地球のモデルは地球儀とし観察記録の結果と結び付けるためにコンピュータを用いる。

コンピュータで正確な値を出すことができ観察記録の結果と比較ができる。このことにより観察記録の結果を有効に活かすことができる。

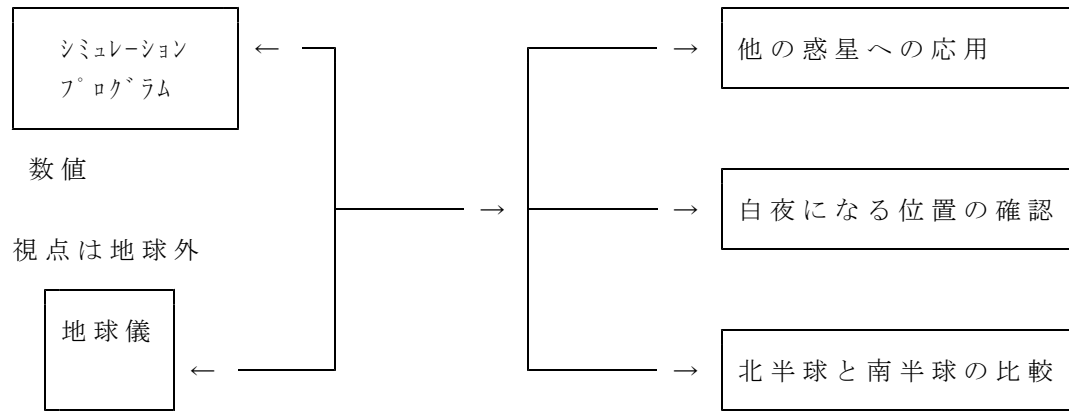
・ 発展的利用法

(a) シミュレーションプログラムがなければ正確に出すことができないもの。

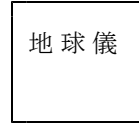


(b) シミュレーションプログラムを併用すると効果が上がるもの。

視点は地球外



視点は地球外



地球のモデル

・ 授業での使い方と生徒の理解

サブプログラム：t o u j i

冬至における地軸の傾きと昼の長さ、夜の長さの変化

授業での使い方	生徒の理解
レディネス	<ul style="list-style-type: none"> 地球は地軸を中心にして1日に1回自転をしている。 地球は太陽の周りを1年に1回公転をしている。 四季において昼の長さ、夜の長さが増える。
1) 冬至において地軸の傾きを色々と変化させ入力する。それにより昼の長さ、夜の長さが増えることを発見する。(地軸の傾きが0度の時には昼の長さ、夜の長さが同じになる。)	地軸が傾くことによって昼の長さ、夜の長さが増える。

2) 自由に使うことにより実測とコンピュータシミュレーションの対応がつく。(地球儀での測定では昼の長さを紐ではかり、それをコンピュータの棒グラフと対応させるようにする。)

3) 実際の観測データや地球儀での測定により逆に地軸の傾きを出すことができる

4) 地軸の傾きや緯度を変化させるといつも夜、いつも昼と言う場所を発見できる地図帳などを使用しその位置を見つけ出すこともできる。(社会科の地理分野とも関連する。)

5) 昼の長さ、夜の長さは南半球では北半球と逆になっていることを発見する。

実測とコンピュータシミュレーションの対応を理解する。

昼の長さ、夜の長さや地軸の傾きが1対1に対応することが分かり、逆に観測結果より地軸の傾きを出せる。

応用
深化

応用
深化

サブプログラム：s i k i

四季における地軸の傾きと昼の長さ、夜の長さの変化

授業での使い方	生徒の理解
レディネス	サブプログラム t o u j i
1) 地軸の傾きを色々と変化させ入力するそれにより四季における昼の長さ、夜の長さが増えることを発見する。	地軸の傾きが90度以下の時 冬至：昼の時間<夜の時間 夏至：昼の時間>夜の時間 春分：昼の時間=夜の時間 秋分：昼の時間=夜の時間
2) 地軸の傾きが0度の時にはどの季節でも昼の長さ=夜の長さとなる。	地軸の傾きが0度の時には一年中昼の時間と夜の時間は同じで変化がない。

<p>3) 実際の観測データや地球儀での測定により逆に地軸の傾きを出すことができる</p> <p>4) 地軸の傾きや緯度を変化させるといつも夜、いつも昼と言う場所を発見できる地図帳などを使用しその位置を見つけ出すこともできる。(社会科の地理分野とも関連する。)</p> <p>5) 昼の長さ、夜の長さは南半球では北半球と逆になっていることを発見する。</p>	<p>現実には変化があるので地軸は傾いている。</p> <p>昼の長さ、夜の長さと地軸の傾きが1対1に対応することが分かり、逆に観測結果より地軸の傾きが出せる。</p> <p>応用 深化</p> <p>応用 深化</p>
---	--

(高校の地学分野への発展)		
<p>4) 他の惑星にも応用ができる。天王星(地軸が90度近く傾いている。)ではどうかなど。</p>		応用 深化
<p>4) 地軸の傾きや緯度を変化させるといつも夜、いつも昼と言う場所を発見できる地図帳などを使用しその位置を見つけ出すこともできる。(社会科の地理分野とも関連する。)</p>		応用 深化
<p>5) 昼の長さ、夜の長さは南半球では北半球と逆になっていることを発見する。</p>		応用 深化

サブプログラム：n i n n i

任意の日における地軸の傾きと昼の長さ、夜の長さ、南中時刻の変化

授業での使い方	生徒の理解
レディネス	サブプログラム t o u j i
<p>1) 任意の日において地軸の傾きを色々変えて実測と比較する。(特に南中時刻は測定しやすい。)</p>	<p>任意の日においても地軸の傾きを変化させると昼の長さ、夜の長さ、南中時刻も変化する。</p>
<p>2) 任意の日(観測日)の昼の長さ、夜の長さ、南中時刻を楕円軌道やその他の効果を入れて正確なシュミレートができる</p>	<p>正確に出す時には楕円軌道などの補正がある。</p>
<p>3) 公転軌道を円軌道→楕円軌道にすることによって昼の長さ、夜の長さ、南中時刻が変化する。</p>	<p>応用 深化</p>

(8) 昼夜の長さに及ぼす楕円軌道効果の導入について

中学生にでも分かるように昼夜の長さに及ぼす楕円軌道の効果を導入する一つの例を示すことにする。

・ 観測結果からのアプローチ

円軌道であると仮定し昼夜の長さのグラフを描く。
(コンピューターを使った方が早く描ける)

↓

実測値のグラフを重ね合わせてみたら円軌道と仮定した値と合わない。

↓

楕円軌道の効果を入れたらよく合うようになる。

↓

楕円軌道の効果は必要である。

観測結果からのアプローチだけであればなぜ楕円軌道効果が必要なのか理由がはっきりしない。そこで、観測結果からのアプローチを基礎において教師の方から昼夜の長さに楕円軌道効果が必要な理由の説明を補ってやる。

・ 観測結果からのアプローチ＋楕円軌道効果の説明

円軌道であると仮定し昼夜の長さのグラフを描く。
(コンピューターを使った方が早く描ける)

↓
実測値のグラフを重ね合わせてみたら円軌道と仮定した値と合わない。

↓
なぜだろう ← 昼夜の長さに楕円軌道効果が必要な理由の説明

↓
楕円軌道の効果を入れたらよく合うようになる。

↓
楕円軌道の効果は必要である。

昼夜の長さに楕円軌道効果が必要な理由の説明

レディネス

- ・ 一般に惑星は楕円軌道を取る

・ 物体にひもをつけて回す時、ひもが短くなれば物体は速く回る。
(円軌道であればひもの長さは一定であり速さは変わらない)
(実験結果)

- ・ 公転の位置が違えば昼夜の長さが違う。(実験結果)
(四季の公転位置と昼夜の長さの関係から類推することができる。)

説明の概略

一般に惑星は楕円軌道を取る。

↓
距離が近くなれば速く回る。
(物体にひもをつけて回す時、ひもが短くなれば物体は速く回る)

速さも変化する。

↓
円軌道と比べ、公転する速さが異なるので1日に回転する角度も異なってくる。

↓
公転する角度が違えば太陽光の当たり方も違うので昼夜の長さも違う。

↓
昼夜の長さの変化に楕円軌道の効果を入れなくてはならない。

 の所は面積速度一定を理解させる必要がある時ときに言う。

・ まとめと今後の課題

「地球の公転」の単元を教える時、従来は地軸の傾きと昼夜の長さの関係を調べさせるため、紐を地球儀の上に張り付け、その紐を測定して昼夜の長さを調べさせていた。しかし、この方法では大まかな測定値しか得ることができないので、地軸の傾きと昼夜の長さの関係を理解させるににくい面があった。また、実際の昼夜の長さの観測記録の結果と比較する時も同様な問題が起きていた。そこで、地球儀で理解する時の補助となるように、正確な紐の長さを計算で出す事ができるシミュレーションプログラムを作成した。このプログラムが地球儀の補助道具であることを生徒に十分理解させることができるように、そのためのサブプログラムをプログラム構成の中に組み込んでいる。また、発展学習として、より一層観察記録の結果とプログラムの計算結果とを合わせるために、楕円軌道の効果やその他の補正項を入れて、昼夜の時間、南中時刻、日の出日の入りの時刻を出すことができる機能も持たせている。

今後の課題は、このシミュレーションプログラムを授業で実際に使用し、評価を加え改良して行くことである。

○ 終わりにあたって

この研修を進めるにあたり、教育センターの諸先生方、特に、CAI教育担当及び理科担当の先生方には、御多忙の中、懇切丁寧な御指導・御助言をして頂き、心からお礼を申し上げます。

最後になりましたが、研修の機会を与えて下さった、県教育委員会、北島啓金立養護学校校長先生並びに諸先生方、本当にありがとうございました。

引用文献

- 1) 坂本昂, 東洋: “これがコンピュータ教育だ 世界のカリキュラム・実戦”, ぎょうせい, pp. 49-50 (1987)
- 2) 教育マイコン実戦, ぎょうせい, p. 9 (1988. 8)
- 3) エスター・R. スタインバーグ 著, 森本泰弘 / 岡田正志 共訳: “C A I 教材の設計”, T B S 出版会, p. 185 (1985)
- 4) 教育マイコン実戦, ぎょうせい, pp. 10-11 (1988. 8)
- 5) 中学校学習指導要領, 文部省, pp. 54-56 (1989)
- 6) 中学校指導書理科編, 文部省, pp. 72-79 (1989)
- 7) 新編新しい科学 (2分野上) 教師用指導書, 東京書籍, pp. 112-171 (1987)
- 8) 新編新しい科学 (2分野上), 東京書籍, pp. 66-125 (1987)
- 9) 若生康二郎: “地球回転”, 恒星社, p. 31 (1979)
- 10) 国立天文台: “理科年表”, 丸善, p. 88 (1990)
- 11) 国立天文台: “理科年表”, 丸善, p. 3 (1990)
- 12) 三輪光雄, 応用理論物理学演習, 森北出版, pp. 72-81 (1971)
- 13) 国立天文台: “理科年表”, 丸善, pp. 10-33 (1990)

主な参考文献

- 1) “新教育の事典”, 平凡社 (1979)
- 2) T. オエイ/J. セルフ 著, 坂本昂 監訳: “人工知能による学習革命”, ホルト・サウンダース・ジャパン (1984)
- 3) “教育工学の新しい展開”, 第一法規 (1977)
- 4) 若山芳三郎, 吉川信之: “フローチャートの考え方・書き方”, 啓学出版 (1987)
- 5) “新教育機器教育方法開発研究報告書”, 日本教育工学振興会 (1986)
- 6) 中野主一: “マイコン宇宙講座”, 廣済堂出版 (1980)
- 7) 中野主一: “マイコン天文学”, 恒星社 (1983)
- 8) 長沢工: “天体の位置計算”, 地人書館 (1981)
- 9) 渡辺敏夫: “数理天文学”, 恒星社 (1977)
- 10) 前田坦: “太陽惑星環境の物理学”, 共立出版 (1982)
- 11) 天文年鑑編集委員会: “天文年鑑”, 誠文堂新光社 (1988)
- 12) 天文観測年表編集委員会: “天文観測年表”, 地人書館 (1986)
- 13) 長沢工: “天体の位置計算”, 地人書館 (1981)