

日本古代の墳墓と都城 -位置と方位を中心として-

宮原健吾

臼井正

京都市埋蔵文化財研究所

大阪産業大学

1. 飛鳥のGPS測量調査

1-1. 調査の概要

日本で方位を意識して都城や陵墓、道路を造りはじめたのは7世紀の飛鳥時代のことである。奈良盆地では、それまでの斜行道路に替わって、南北に走る三本の直線道路、上ツ道、中ツ道、下ツ道が造られ、これらの道路を基準にして、藤原京と平城京が造られた。

我々は、2004年11月に飛鳥の古墳や宮のGPS測量を行った。今回の測量は、短時間で高精度な測量(誤差は30cm程度)の出来るDGPS(Differential GPS)で行った。DGPSとは位置の分かっている基準局が発信する補正情報を利用して、GPS(汎地球測位システム)の計測精度を高める技術である。通常のGPSでは10m程度の誤差が生じるが、DGPSによって約1m程度に誤差が収まるようになる。更に今回のGPS測量は近傍の電子基準点を使って後処理解析を行っているため、誤差は30cm程度収まっている。使用したGPSはライカジオシステムのGS20という機種である。

GPS測量を実施した古墳は、終末期古墳と呼ばれる7世紀後半から8世紀初めの最上層の人々を埋葬した古墳で、特に藤原京の南北中軸線の延長線上に分布している。以下、今回測量した各古墳を紹介する。

1-2. 調査した古墳の概要

[南北軸線上の古墳]

・天智天皇陵古墳(山科陵)

(天智天皇：西暦661-671年在位、大化改新で蘇我氏を滅ぼす。朝鮮半島白村江の戦いで唐・新羅軍に敗れる。大津京遷都。)

墳丘：葺石をもつ上円下方墳。下方部は二段築成で1辺約70m、上円部は正確には八角形墳と推定され、直径約40m、高さ約8mである。下方部の1辺は200高麗尺

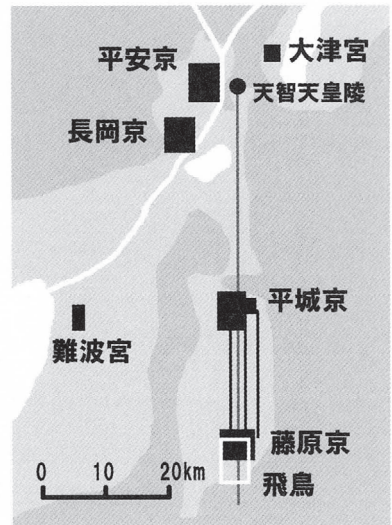


図1 古代日本の都城の分布図

平城京と藤原京は三本の直線道路(東から、上ツ道、中ツ道、下ツ道)で結ばれる。中ツ道と下ツ道の中線が、藤原京の南北中軸線(図のグレーの線)に当たる

被葬者には諸説あり、天武天皇の皇子である、刑部親王（？－705年）穂積親王（？－715年）などが候補となっている（参考文献6）。

・キトラ古墳

墳丘：版築による2段築成の円墳、直径約14m、高さ約3.3m。

石室：凝灰岩製横口式石槨。壁画は、東壁に青龍、西壁に白虎、南壁に朱雀、北壁（奥壁）に玄武、天井に天文図を描く。

出土物：熟年か老年の人骨。

※被葬者は、天武天皇の子である高市皇子（696年没、43歳）、弓削皇子（？－699年）、百濟王昌成（しょうじょう）、右大臣・阿倍御主人（あべのみうし）など諸説がある（参考文献7）。

〔南北軸線上にない古墳〕

・東明神古墳

墳丘：版築による八角形墳、直径約30m。

埋葬施設：凝灰岩製横口式石槨、漆塗り木棺。

出土物：青年から壮年の人骨。

※被葬者は、天武天皇の嫡子である草壁皇子（698年没、28歳）の可能性が高い（参考文献8）。

・岡宮天皇陵

墳丘：円墳

※岡宮天皇は草壁皇子の追号だが、本古墳が草壁皇子の墓である可能性は低い。

・マルコ山古墳

墳丘：版築の円墳とされていたが、最近六角形墳とされる。直径約15m、高さ約5m。

埋葬施設：凝灰岩製横口式石槨。壁面に漆喰を塗る。木芯布張漆塗り棺。

出土物：金銅装大刀装具、棺金具、壮年男性の人骨。

※被葬者は天武天皇の子である弓削皇子（？－699没）、磯城皇子（没年不明）などが候補となっている（参考文献4）。

これらの古墳の測量データは、参考文献9にある。

又、京都の山科にある天智天皇陵についても簡易GPSによる測量の結果、藤原京から50kmも離れているにもかかわらず、藤原京の南北中軸線の延長線から西に40m程度しか振れていないことも分かった。もしこれが偶然でないなら、大津宮建設時に飛鳥から京都の山科まで非常に高い精度の真北測量がされた可能性も考えられる。

1-3. 聖なるラインについて

この時代に造られた終末期古墳は、特に藤原京の南北中軸線の延長線上に分布していることが岸俊男氏によって指摘された。この線は聖なるラインと呼ばれ、も

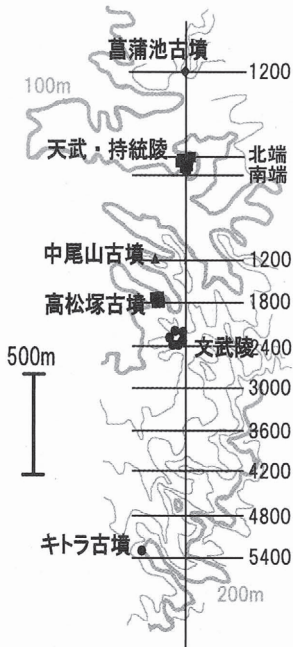


図3 聖なるライン？ 各点は測量した地点を示す。立ち入りが出来ない古墳は、その外周を4～6点測った。国土地理院の25000分の1の地図から作成した等高線を重ねてある

から一番離れているキトラ古墳については、阿部氏や百済王族など皇族以外の墓であった可能性もあるので、評価は難しい。

そこで古墳築造に際して、方位・距離を正確に測定して、南北方向は天武・持統陵からの距離で決めた後、その東西ライン上で一番近い古墳築造適地を求めた、という一つの解釈が考えられる。

2. 古代日本の都城の方位

2-1. 平安京の条坊復原

平安京については歴史地理的側面から復原しようとする研究は、江戸時代に森幸安や裏末光世（固禪）、内藤広前などによって始められた。明治27（1894）年に湯本文彦を中心に編纂された「平安通誌」の付図「平安京全部実測図」では、京都市内の実測図の上に、「延喜式」左右京職の京程に基づいて復原された平安京の条坊が書き込まれ、近代的な条坊復原が始まった。杉山信三氏（当時奈良国立文化財研究所）は、昭和35年から始まった西寺の発掘調査と現存する東寺の距離から、造営尺（29.91cm）と、造営方位（真北より西に22～29分振れる）を求めた。これは、実際に発掘調査で検出された遺構を復原の基本にした初めての考古学的復原で

しこれが確かなら、真方位を意識して古墳の立地が決められていたことになる。ただし、東西方向に幅があることから聖なるゾーンとも呼ばれ、又、このライン上以外にも終末期古墳がある。そこで、川上邦彦氏は聖なるラインは存在せず、藤原京の南の一帯に陵园が造られた、としている。

今回のGPS測量の結果をもとに、聖なるライン上の古墳の東西方向のずれは考えずに、南北方向の距離だけを考えると、天武・持統陵の南端から中尾山古墳までの距離が1200尺（高麗尺の一尺=0.352m）、高松塚古墳までの距離が1800尺、文武天皇陵までの距離が2400尺、キトラ古墳までの距離が5400尺と、いずれも600尺×整数倍になっている。また、天武・持統陵の北にある菖蒲池古墳は、天武・持統陵の北端から1200尺の距離にある。ただし、菖蒲池古墳は、時期が古い可能性があり（7世紀中頃）、この一連の造墓がなされる直前のものであった可能性がある。

これだけでは東西方向のずれは説明できないので地形を見ると、天武・持統陵の南北端から600尺×整数倍の東西ラインの中では、標高が高いなど古墳の立地に適した所が選ばれている。ただし、南北中軸線から

ある。

昭和51年には、それまで平安京内で発掘調査を行っていた、いくつかの発掘団体が統合・整理されて、財団法人京都市埋蔵文化財研究所が設立され、発掘体制が確立された。それまでの発掘調査では、実測図作成に使用する測量原点や方向などの統一された規格はなく、このように作成された実測図は、発掘終了後にその位置を正確に知るのとは不可能で、特に調査後に消滅してしまう「緊急発掘調査」が大部分を占める平安京内の発掘では問題があった。

このような状況から、田中琢氏（当時、奈良国立文化財研究所）と田辺昭三氏（当時、京都市埋蔵文化財研究所）は連名で、「国土平面直角座標系のなかで、遺跡あるいは発掘調査地点を位置づける」という考古学史上画期的な提言を京都市に対して行った。これ以降、遺跡発掘基準点35点が設置され、京都市内で行われる発掘調査には、国土座標に基づく基準点を使用することが可能になった。それにより、広大な平安京から見ると「点」にしか過ぎない発掘調査を積み重ねることによって、面として平安京を復原する基盤が形成された。

1981年、京都市埋蔵文化財研究所の内田賢二（現ライカジオシステムズ）と平尾正幸氏は、延喜式の左右京職京程から、数値化した平安京の条坊モデルを作成し、発掘調査で発見された確度の高い32カ所の条坊遺構を使い、両者が一番合うようなフィッティング（ヘルマート変換）をして条坊復原を試みた。ヘルマート変換は座標変換の一種で、この場合は、発掘された道路の座標（単位はm）を平行移動して回転させたものと、延喜式の造営計画（単位は丈）に造営尺（単位はm/丈）をかけたものの誤差（残差）の二乗が最小になるように、最小二乗法で4つの要素X0、Y0（任意に取った原点の座標）、 θ （造営方位）、D（造営尺）を求めた。

その結果、これまでとは比較にならない高い精度で、造営尺（ $29.83\text{cm} \pm 0.67\text{mm}$ ）と造営方位（真北に対して西偏 $22' 55'' \pm 48''$ ）を得ることが出来た。発掘による実測値をこの条坊モデルに従って計算した値と延喜式による理論値との誤差（残差）は、2m以内の範囲におさまっている。その後、条坊モデルは数多くの発掘調査により検証され、ほぼ矛盾がないことが確認されている。さらに平安京の全域で、復原モデルの推定位置に条坊遺構が検出されており、条坊方位も場所による偏位がないことから、平安京の造営は周到な計画性を持って進められ、統一された精度での施工が行われたと推測するのは至極自然である。このように平安京の条坊復原は、数センチメートルの測量精度を必要とし、各遺構の位置が国土座標に基づいて数値化されて始めて可能になったことである（この項は、参考文献10によった）。

2-2. 平安京と平城京の関係

他の都城でも内田氏によって同様な方法で方位が求められている（参考文献11）。それによると平城京の振れが西偏21分6秒で（ちなみに下ツ道の上に作られた朱雀

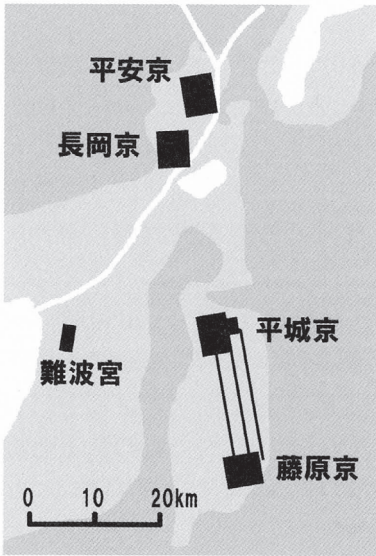


図4 方位の振れを誇張した都城の分布図

大路の振れは西偏22分44秒)、平安京と同程度の振れをしている。また、平城京の西京極大路（西辺）の延長線と平安京の東京極大路（東辺）は、30km以上も離れているにも関わらず、東西にわずか100m程の位置にある。一方、平安京の前の10年間だけ都だった長岡京は、西偏7分の振れで一番真北に近い。これらの結果は、日本の古代都城では数十分の精度で真北が求められていたことを意味する。

又、平安京と平城京の振れは西偏22～23分ではほぼ等しいが、その理由としては、

1. 単なる偶然
2. 正確に真北を測った後、わざと西に23分ずらした（当時は三角関数はないので、150歩真北へ歩いて1歩左に進むと決めていた？； $\tan 23' \approx 1/150$ ）

3. 奈良盆地の測量の基準線を、平安京まで延長した

4. 方位を決めるとき、系統的に西に23分振れる方法があるか？（我々は思っていないが）

といったことが考えられる。

都城の方位は数十分の精度で決められたが、それについては

- A. どのような方法で方位を決めたのか？
- B. 誤差はどのくらいか？ 長岡京の振れ程度の精度が出せるか？
- C. その方法で系統的に西に23分振れるか？

という問題がある。

3. 古代の方位決定法

方位を知るための方法としては、まず方位磁石が思い浮かぶ。磁石が南北を指すということは中国では紀元前から知られていたが、最初はスプーンの形をした占い用で、それが針の形になったのは7～8世紀ころである。しかし、磁石の指す北は真北とずれていて（偏角）、しかも場所や時代によって変化するので、そのずれを測るには結局、別の方法を使わなければならない。又、方位磁石の長さはせいぜい10cm程度なので、角度の1度は2mm以下になってしまい、精度は出ない。

又、平安京の建設時、北極星（こぐま座α星；ポラリス）は、歳差運動（地軸の首振り運動）によって天の北極から10度近くも振れていたもので、何も考えないである時刻に北極星の位置を測ると大きな誤差が出る（ただし、3-3. で触れるように星を使って高い精度で方位を求める方法もある）。

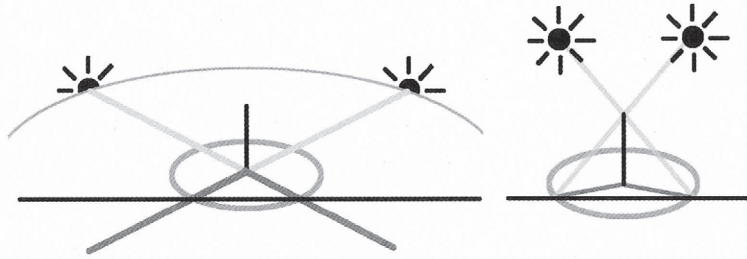


図5 太陽を使った方位決定法

3-1. 『周髀算経（しゅうひさんけい）』

古代中国の文献『周髀算経』には2つの方位決定法が書かれている（参考文献12）。『周髀算経』は髀（表ともいう、垂直に立てた棒のこと。英語ではノーモンという）を使って宇宙の構造（蓋天説：がいてんせつ）を計算した周代の数学書という意味だが、実際には天文書という方がふさわしい内容となっている。成立年代は明らかではないが、周代から後漢ころまでの雑多な知識をまとめたもので、現在の形になったのは3世紀初頭とされる。ノーモンは主に、太陽の影の長さを測って冬至や夏至の日を決める、つまり1年の長さを決めることに使われた。その高さは伝統的に八尺とされ、周代では1.6m、隋・唐では2.4mに相当する。

この書は隋・唐の国立算学校で使う10冊の教科書「十部算経」に含まれていて、日本でも養老令の解説書である『令義解（りょうのぎげ）』（9世紀はじめ）に「およそ算経は、（中略）、周髀、（中略）をおのおの一経と為せよ。学生は経を分ち業を習え」とあるので、少なくともその頃には日本にも入っていたことになる。

3-2. 太陽を使う方法

『周髀算経』の太陽を使う方法について大意を紹介すると、まずノーモンを垂直に立てて、それを中心に、水平な地面に円を描く（図5の左）。日の出と日の入の時に、円と太陽が落とす影が交わるところに印をして、2つの印を通る直線を引くと、それが東西線になる。この場合は、地平線まで山などの障害物が無いことが条件になる。

太陽を使った同様の方位決定法にインディアン・サークル法（ネイティブ・アメリカンではなく、古代インド人がこの方法を使っていたことによる、天文学史家チンナーの命名）があり、中国の『淮南子（えなんじ）』にも同じ方法が記されている（図4の右；参考文献13）。太陽が昇るにつれて影が短くなるが、影の先端がちょうど円の上に来たところに印をする。午後にも同様にして印をつけて、2つを結んだ直線が東西線になる。この時は、上の場合と違って影の先端の位置を見ることになる。

ただし、これらの方法では、1日の内の太陽の赤緯（地上の緯度に相当する）の変化により、系統的な誤差が生じる。太陽の赤緯の変化は春分、秋分のころが最

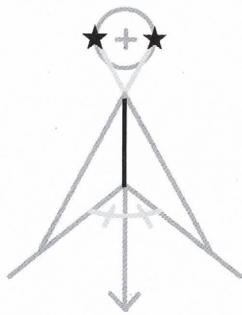


図6 周極星を使った方位決定法1

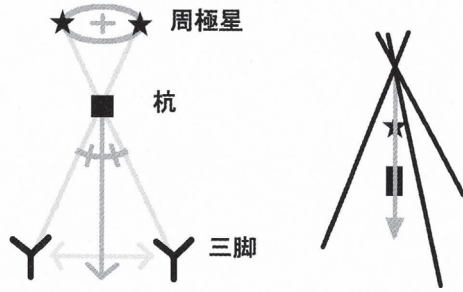


図7 周極星を使った方位決定法2

大で、1日で23分程度変化し、これを方位の振れに換算すると5-7分程度になる。しかし、それでも最大7分の誤差しか出ないので、平城京・平安京の西偏23分の振れの原因にはならない。この系統的な誤差は、元の郭守敬(1231~1316)が気付いたものらしく、『周髀算経』には書かれていない。

3-3. 周極星を使う方法

全ての星は天の北極(図6の+印)を中心にして、一日一回転していて、この方位が真北になる。しかし、天の北極は仮想的なもので(地球の自転軸の延長線に当たる)星は無いので、周極星(天の北極に近い星々)の中から、どれか明るい星を一つ選んで使う。

『周髀算経』によると、まず、八尺のノーモン(図6の黒い縦棒)を立てて、縄をノーモンの先端につなぐ。目を地面近くに持ってきて、天の北極の近くにある星(図の★印;当時の北極星はこぐま座ベータ星)が、ノーモンの先端に重なる位置を探す。星が動くとともに目の位置も移動するが、冬至の日の西の時刻(午後6時)には最も西の端に移動するので、縄を引っ張って地面にあてて印をする。明け方の卯の時刻(午前6時)には、最も東の位置に移動するので同じように地面に印をする。この2つの印を中央で折半すると、真北と真南の方角が決まる。能田忠亮氏の計算によると、このように冬至の日に両端が観測できるのは周のはじめ、紀元前11、12世紀ころになる。しかし、それ以外の時代には歳差の影響で一晩の内に両端を測ることは出来ないので、数ヵ月から半年を隔てて2回観測する必要がある。

文字通りに『周髀算経』の方法を実行しようとするとかかなり難しそうなので、同じ原理で次のような方法も考えられる。まず杭をうち、そこから南に100mほど下がったところで、三脚から重りをつけた糸をたらす(図7の左は上空から見たところ。北が上で、周極星、杭、三脚が並んでいる)。そして、周極星と杭が糸に重なって垂直に見える位置に三脚を置く(図7の右は、三脚の南に座った人が、北を



図8 観測風景 (丸川義広氏提供)

見ているところ。杭と周極星が糸に重なって見えている。この時、周極星と杭と三脚は一直線上に並んでいる)。周極星が移動するにつれて三脚を東西方向に移動させると、ある位置で反転するので、この一番端に行ったところに印をする。数ヵ月後に、もう一方の端が観測できるようになったら、同様に印をする。杭から2つの印に直線を引き、その2等分線をとると、それが真の南北になる(必要なのは角度だけな

ので、三脚の移動方向は厳密に東西である必要はない)。

中国での方位決定に関する記述は、他に『周礼』『考工記』にもあり、そこには「昼間には太陽による影をしらべ、夜間には極星について考える」という一文がある。日本では元明天皇の平城京遷都の詔に「日を揆(はか)り、星を瞻(み)て、宮室の基を起す」とある(『続日本紀』)。ただし、実際に2つの方法を実行したのか、文飾に過ぎないのかは分からない。

3-4. インディアン・サークル法の観測

観測誤差については、文献を読んだだけでは分からないので、2002年10月に実際に観測をした。観測は、京都市立堀川高校の屋上に発掘測量用のポール(写真の左方)を約2mの高さにして垂直に立てた。そして、ポールの先端の影の位置を、屋上のコンクリートに直接プロットしていった。後日、GPSを使って各観測点の地図上の位置(x, y, z)(北緯、東経、標高)を測った。

その結果、観測から得られた方位は真北から西へ1.3分±2.3分となった。この日は秋分に近かったので太陽の赤緯方向の動きが無視できず、この方法で正確に観測すると西へ4.5分振れた方向が出るはずだった。ということは、3.2(=4.5-1.3)分だけ誤差があったことになるが、これはほぼ1/1000(1000m行って1m振れる程度)に相当する。この振れには観測誤差に加えて測量誤差(5mm程度)も含まれていることを考えると、かなり良いと言える。

今回の観測の結果により、日本の都城の中で最も真北に近い長岡京の方位決定も、この方法で十分可能だと考えられる。又、観測誤差は地面が水平でなかったり、ノーモンが垂直でなかったりすると更に大きくなりうるので、他の都城の方位決定にも使われたことが十分に考えられる。しかし、平安京と平城京の西偏23分という値は実際に観測しても出てこなかった(観測の詳細は、参考文献14にある)。

今後の課題は、測量誤差をもっと小さくすること、それからもう一つの周極星を使った方法を実験してみることである。

謝辞

宇野隆夫先生（国際日本文化研究センター教授）には飛鳥の古墳調査の計画・実行をはじめ、本稿の作成にも、調査した古墳の概要（1-2節）について原稿を用意して頂くなど、全面的に協力して頂いたことを感謝します。

参考文献

1. 笠野毅1987「天智天皇山科陵の墳丘遺構」『書陵部紀要』39
2. 上田三平1927「菖蒲池古墳」『史蹟調査報告』3、内務省
3. 猪熊兼勝1994『飛鳥の古墳を語る』吉川弘文館
4. 飛鳥資料館1979『飛鳥時代の古墳』
5. 秋山日出雄・網干善教1975『史跡中尾山古墳環境整備報告書』明日香村
6. 奈良県立橿原考古学研究所編1972『壁画古墳高松塚』奈良県教育委員会・奈良県明日香村
7. 猪熊兼勝1983「キトラ古墳」『飛鳥風』10・11
8. 泉森皎・河上邦彦・伊藤勇輔1984『大和の古墳を語る』六興出版
9. 白井正、宮原健吾、宇野隆夫「飛鳥・藤原・平城 サムネイル&データ編」
<http://homepage3.nifty.com/silver-moon/asuka/data.htm>
10. 宮原健吾 2004「平安京における空間情報システムの整備と条坊復原」『地理』48-9, PP.71-77 古今書院
11. 内田賢二 1984「長岡京条坊復元のための平均計算」長岡京跡発掘調査研究所ニュース31号
12. 橋本敬造訳「周髀算経」（藪内清責任編集 1980『中国天文学・数学集』朝日出版社 所収）
13. 藪内清 1972『中国の科学と日本』朝日新聞社
14. 白井正、宮原健吾、京都天文めぐり「平安京プロジェクト・ダイジェスト」
<http://homepage3.nifty.com/silver-moon/Heiankyo/digest.htm>

GIS and Astronomical Research on the Ancient Capital Cities in Japan

Miyahara Kengo

Usui Tadashi

Kyoto City Archaeological Research Institute

Osaka Sangyo University

It is during the Asuka period (7th century) in Japan that orientation became an important factor in designing large-scale structures such as mausoleums and streets as well as capital cities. The latest group of kofun (burial mounds) built during this period are positioned along and near what is commonly referred to as the "sacred line/zone," the straight line cutting across, and extending north and south from, the heart of the ancient capital city of Fujiwara-kyo.

In November 2004, we conducted a GPS survey of the kofun and palaces of the Asuka region using DGPS (Differential GPS), which is capable of providing instant high-precision measurements to an accuracy of 30 centimeters. The results showed that the area's kofun mounds stood slightly off to the east and west of the sacred line, as had already been pointed out, and that the lengths of the parts of the line extending from the northern and southern edges of the mausoleum of Emperor Temmu and Empress Jito were both integral multiples of 600 shaku, in the unit of measurement called komajaku (one shaku roughly equals 0.352 meters).

Heian-kyo, a later capital city, was found to be oriented westward, off true north, by 23 arc-minutes. The figure was obtained based on the optimal fitting of the measurements of the streets excavated from the site with those given in a plan of the city included in the Engi-shiki (a collection of 10th century regulations). Two other early capital cities, Nagaoka-kyo and Heijo-kyo, were also found to lie at angles to true north, facing westward by seven and 21 arc-minutes, respectively. This means that Japan's old capital cities were all basically oriented within a few dozen arc-minutes of north-south. The fact that Heian-kyo and Heijo-kyo have strikingly similar degrees of westward orientation, meanwhile, may suggest that efforts were made to replicate the orientation of Heijo-kyo, the older of the two, when Heian-kyo was constructed.

As to how people located true north in those days, two methods were given in several historical documents from China including Zhoubi Suanjing and Huainanzi. One is based on using the Sun as the reference point and the other relies on the position of one of the circumpolar stars, which are seen near the Celestial North Pole. We experimented with the Sun-based technique and found it to be quite effective, finding true north to an accuracy of 1/1000 (four arc-minutes). While this result supports the possibility that this method was

indeed the one employed in the construction of ancient cities, we are yet to test the circumpolar star method, whose effectiveness remains unknown.

For details, see our English page:

<http://homepage3.nifty.com/silver-moon/Heiankyo/orientation.htm>