

# 重修大明暦の日出入時刻

## Sunrise and sunset times of the Chinese Chongxiu-Daming calendar

相馬 充 (国立天文台)

Mitsuru SÔMA

(National Astronomical Observatory of Japan)

要約：重修大明暦による日出入時刻について Choi et al. (2018) が解析したが、彼らの計算には小さな間違いが含まれていた。また、その日出入時刻がどこで行われた観測に基づいているかについても彼らは不適切な結論を出している。本論文でそれらについて明らかにする。

### 1. はじめに

重修大明暦は中国で金や元の時代の1182–1280年に使われた暦で、朝鮮半島でも李氏朝鮮の世宗が在位していた1418–1450年に使われた。この暦による日出入時刻について Choi et al. (2018) が解析したが、彼らの計算には小さな間違いが含まれていた。それについて第2節で明らかにする。彼らは、さらに、その日出入時刻がどこの観測に基づいたものかについても推論を行ったが、その結論も不適切である。それについては第3節で説明する。

### 2. 日出入時刻の毎日値の計算

重修大明暦による日出入時刻の毎日値の計算方法は金史の卷二十一・志第二・曆上に書かれている。そこにある二十四氣陟降及日出分と書かれた表を下に示す。原文は縦書きで数字も漢数字で書かれているが、ここでは横書きにし、数字も算用数字に改め、小数点も適宜補っている。

恒氣	増損差		加減差	陟降率	初末率		日出分
	初	末			初	末	
冬至	増926	増796	減10	陟10.40	0.0550	1.2604	1567.92
小寒	増789	増659	減10	陟28.73	1.3600	2.3736	1557.52
大寒	増652	増522	減10	陟43.56	2.4300	3.2518	1528.79
立春	増518	増388	減10	陟55.19	3.2900	3.9242	1485.23
雨水	増382	増252	減10	陟63.90	3.9550	4.3988	1430.04
驚蟄	増248	増138	減10	陟69.18	4.4400	4.6716	1366.14
春分	損136	損240	加8	陟64.69	4.3700	4.1068	1296.96
清明	損250	損354	加8	陟59.09	4.0850	3.6622	1232.27
穀雨	損365	損469	加8	陟50.84	3.6200	3.0362	1173.18
立夏	損480	損584	加8	陟39.86	2.9850	2.2402	1122.34
小滿	損598	損702	加8	陟26.06	2.1600	1.2500	1082.48
芒種	損719	損823	加8	陟9.35	1.1500	0.0706	1056.42
夏至	増837	増733	減8	降9.35	0.0450	1.1440	1047.07
小暑	増720	増616	減8	降26.06	1.2300	2.1652	1056.42
大暑	増600	増496	減8	降39.86	2.2250	2.9922	1082.48
立秋	増480	増376	減8	降50.84	3.0300	3.6292	1122.34
處暑	増360	増256	減8	降59.09	3.6550	4.0862	1173.18
白露	増240	増136	減8	降64.69	4.1050	4.3682	1232.27
秋分	損160	損260	加10	降69.18	4.6800	4.4490	1296.96
霜降	損262	損392	加10	降63.90	4.4200	3.9622	1366.14
霜降	損398	損528	加10	降55.19	3.9400	3.2918	1430.04
立冬	損532	損662	加10	降43.56	3.2700	2.4342	1485.23
小雪	損666	損796	加10	降28.73	2.3950	1.3716	1528.79
大雪	損802	損932	加10	降10.40	1.2850	0.0712	1557.52

1年(太陽年)を24の期間に等分すると、各期間の長さは15日か16日になる。各期間の初めの日が冬至・小寒・大寒・…などの二十四氣(今日では通常「二十四節氣」と言われる)である。これらの二十四氣の名称は、各期間の初めの日でなく、15~16日間の各期間全体の名称として使われることもある。時刻は1日=5230分とする分の単位で表され、時刻の起点は今でいう真夜中の0時である。各期間の初めの日から次の期間が始まる日の前日までの15~16日間の毎日の日出時刻は上の表の各氣に示されている数値から次のように計算される。冬至を例に説明する。

冬至の日( $n=0$ )の日出時刻は上の表の冬至の行で日出分に書かれている1567.92分である。 $n$ は氣の日以後の日数である。氣の日( $n=0$ )から15日後の日( $n=15$ )までの計16日間の日出時刻は右の上の表のように計算される。最後の日( $n=15$ )は場合によっては存在しない(次の氣の $n=0$ の日になる)が、存在する可能性があるため、その日まで示す。 $n=1$ の日出時刻は上の表の初末率の初値0.0550を第1差の初めの値として計算される。初率の符号は陟降率の値が陟の場合にマイナス、降の場合にプラスである。第2差の初めの値は上の表で増損差の初値である。その符号は増損差についている増と損で決まる。増は第1差の絶対値が増えることを、損は減ることを意味する。第3差の値は上の表で加減差と示されている値である。その符号は加減差についている加と減で決まる。加は第2差の絶対値が増えることを、減は減ることを意味する。第3差は一定である。以上の値から日出時刻が $n=0$ から $n=15$ まで決められる。第1差と第2差の最後の値は、それぞれ、上の表の初末率の末の値と増損差の末の値に一致していることが確かめ

	$n$	日出分	第1差	第2差	第3差
冬至	0	1567.9200			
	1	1567.8650	-0.0550		
	2	1567.7174	-0.1476	-0.0926	+0.0010
	3	1567.4782	-0.2392	-0.0906	+0.0010
	4	1567.1484	-0.3298	-0.0896	+0.0010
	5	1566.7290	-0.4194	-0.0886	+0.0010
	6	1566.2210	-0.5080	-0.0876	+0.0010
	7	1565.6254	-0.5956	-0.0866	+0.0010
	8	1564.9432	-0.6822	-0.0856	+0.0010
	9	1564.1754	-0.7678	-0.0846	+0.0010
	10	1563.3230	-0.8524	-0.0836	+0.0010
	11	1562.3870	-0.9360	-0.0826	+0.0010
	12	1561.3684	-1.0186	-0.0816	+0.0010
	13	1560.2682	-1.1002	-0.0806	+0.0010
	14	1559.0874	-1.1808	-0.0796	+0.0010
	15	1557.8270	-1.2604		

	$n$	日出分	第1差	第2差	第3差
冬至	0	1567.9200			
	1	1567.8650	-0.0550		
	2	1567.7184	-0.1466	-0.0916	+0.0010
	3	1567.4812	-0.2372	-0.0906	+0.0010
	4	1567.1544	-0.3268	-0.0896	+0.0010
	5	1566.7390	-0.4154	-0.0886	+0.0010
	6	1566.2360	-0.5030	-0.0876	+0.0010
	7	1565.6464	-0.5896	-0.0866	+0.0010
	8	1564.9712	-0.6752	-0.0856	+0.0010
	9	1564.2114	-0.7598	-0.0846	+0.0010
	10	1563.3680	-0.8434	-0.0836	+0.0010
	11	1562.4420	-0.9260	-0.0826	+0.0010
	12	1561.4344	-1.0076	-0.0816	+0.0010
	13	1560.3462	-1.0882	-0.0806	+0.0010
	14	1559.1784	-1.1678	-0.0796	+0.0010
	15	1557.9320	-1.2464		

られる。このことは増損差の初と末の値の差が加減差の13倍になっていることを意味する。ただし、驚蟄と秋分については、この関係が崩れている。これは春分前の3日間と秋分後の3日間の日出時刻は別に与えて、これらの日の日出時刻は上に説明した方法では計算しないこととしているからである。

Choi et al. (2018) は増損差の初値を $A$ 、加減差の値を $B$ 、初末率の初値を $C$ 、氣の日の日出分の値を $T$ として、その氣内の毎日の日出時刻  $t(n)$  を計算する式を

$$t(n) = T + nC + \frac{n(n-1)}{2}A + \frac{n(n-1)(n+1)}{6}B$$

と与えた。この式にしたがうと冬至の日からの16日間の日出時刻は上の下の表のようになり、一見して第1差の最後の値と第2差の最初と最後の値が金史の与える増損差や初末率の値に一致していないことが分かる。正しい式は

$$t(n) = T + nC + \frac{n(n-1)}{2}A + \frac{n(n-1)(n-2)}{6}B$$

である。Choi et al. (2018) はこのように間違いを犯したが、この間違いによる日出時刻の誤差の最大は0.1050分（ここで言う分は1日=5230分とする単位）で、これは現在の時間単位で言って約1.73秒になるから、ほとんど無視できる誤差だと言える。

## 2. 日出入時刻の観測地

Choi et al. (2018) は重修大明暦の日出入時刻がどこの観測を基にしたものかを推測するため、金の2つの都（現在のハルビンと北京）、北宋の都の開封、李氏朝鮮の都のソウルの4地点での日出入時刻の計算値と比較した。それぞれの都市が都であった期間と緯度は次のとおりである。

都市名	期間	緯度（北緯）
ハルビン（金）	1115–1127	45° 32′
北京（金）	1128–1234	40° 15′
開封（北宋）	960–1127	34° 19′
ソウル（李氏朝鮮）	1392–1910	37° 37′

これら4地点の中で日出入時刻を重修大明暦の日出入時刻と比較したところ、差が最も小さいのが開封であったため、彼らは重修大明暦の日出入時刻は開封での観測に基づいていると推測した。しかし、図1に示すとおり、両者には系統的な差が認められ、重修大明暦の日出入時刻は開封より高緯度でのものではないかと考えられる。実際、図2に示すとおり、緯度を35.2° とすると、より一致することが分かる。なお、日出入時刻を計算する際の大気差と太陽の大きさの効果については相馬ほか (2020) を参照されたい。

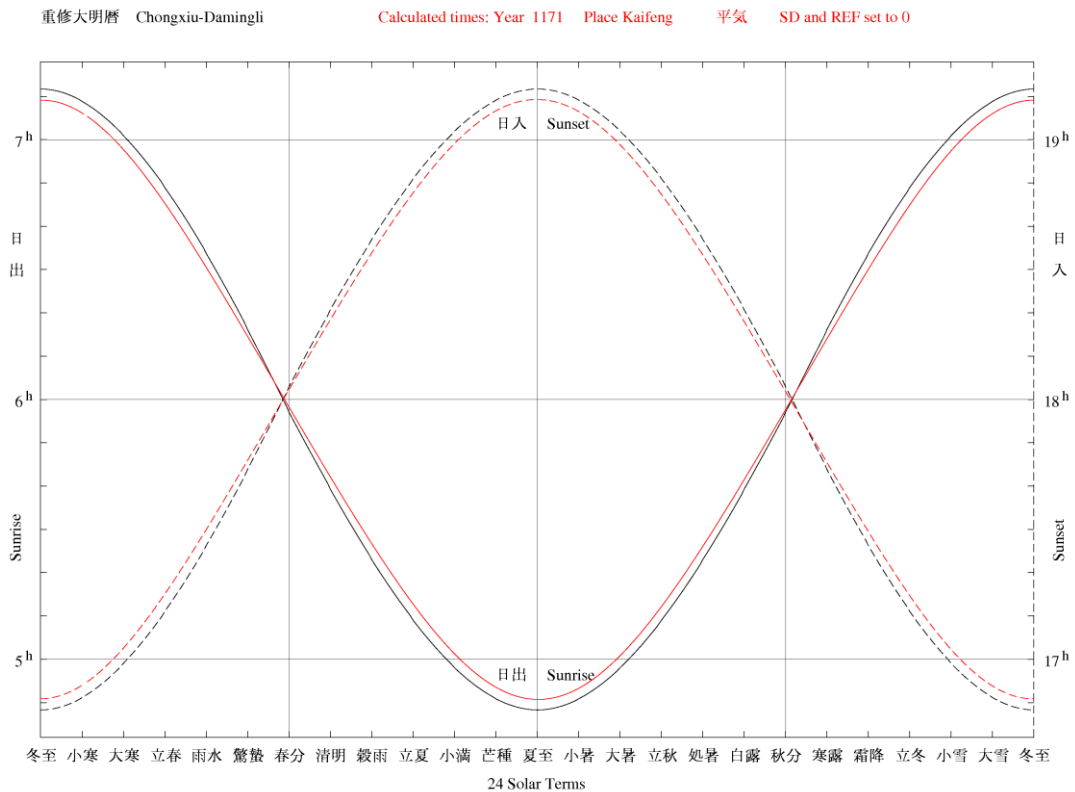


図1. 重修大明暦による日出入時刻と開封での日出入時刻との比較

横軸は1年のうちの冬至からの日数で二十四氣の日を記してある。黒のグラフが重修大明暦の日出入、赤のグラフが開封での日出入。日出入時刻は年とともに少しずつ変化する。開封の時刻は西暦1100年代のものを示した。

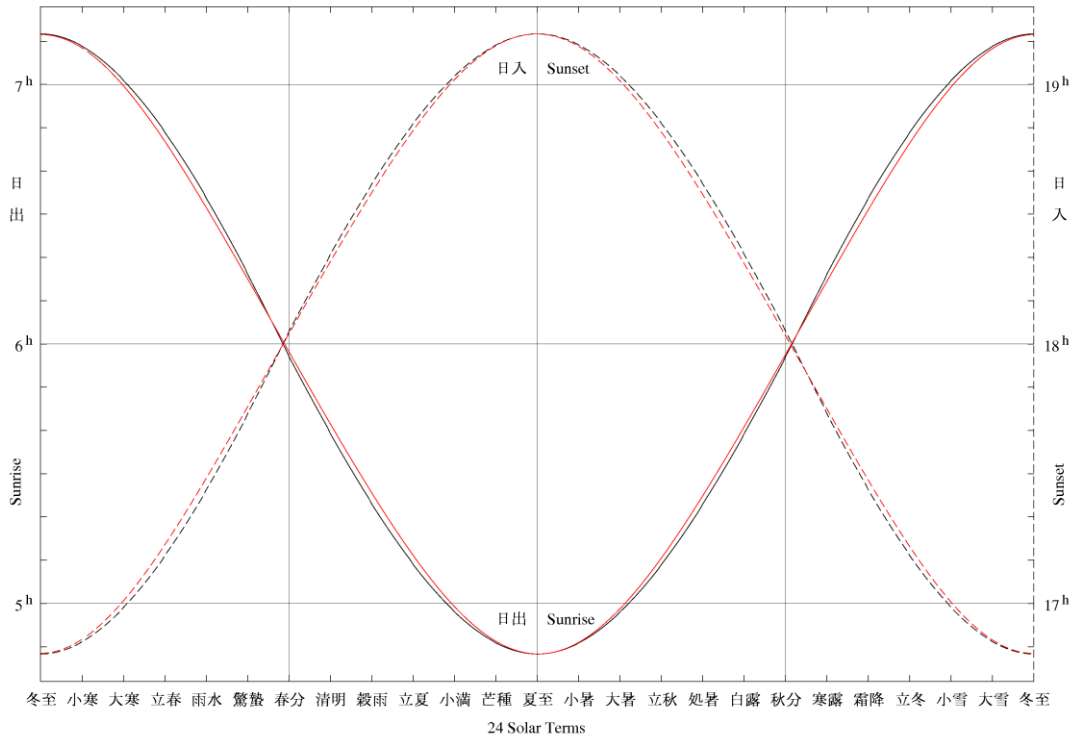


図2. 重修大明曆による日出入時刻と北緯35.2°の地点での日出入時刻との比較  
 縦軸と横軸の意味は図1に同じ。黒のグラフが重修大明曆の日出入、赤のグラフが北緯35.2°の地点での日出入。図1の開封と比べて、こちらのほうがよく一致しているのが分かる。

我々は西暦998年から1020年までの御堂関白記の具注曆に掲載されていた日出入時刻も調査した(相馬ほか, 2020)。図3に示すように、それは北緯35°付近の地点の日出入時刻によく一致する。日出入の真の時刻を緯度を変化させて計算し、具注曆の日出入時刻との差を調べてみた。真の日出入時刻は年代とともに徐々に変化するので、西暦0年(これは一般に言う西暦前1年のこと)と西暦500年について計算し、その標準偏差を求めた。

緯度\西暦	1年間		年の後半のみ	
	0年	500年	0年	500年
34°0	3.582分	3.767分	2.847分	3.055分
34°5	2.985分	3.178分	2.139分	2.326分
35°0	2.534分	2.724分	1.579分	1.708分
35°5	2.326分	2.492分	1.384分	1.381分
36°0	2.437分	2.557分	1.706分	1.564分
36°5	2.842分	2.908分	2.354分	2.143分
37°0	3.449分	3.471分	3.143分	2.903分

この差は特に年の後半に小さくなるので、標準偏差も年間を通したものと年の後半だけのものについて求めた。その結果を右上の表に示す。ここで、時間の単位の「分」は現在の時間の単位である。標準偏差はいずれの場合も緯度35.5°付近で最小になり、重修大明曆の日出入時刻の観測地緯度にかかなり近いと見られることが分かる。

我々は、さらに宣明曆による日出入時刻とも比較した。宣明曆は唐の徐昂が編纂したもので、中国では西暦822年から892年まで、日本では西暦862年から1684年まで使われた曆である。図4は重修大明曆、御堂関白記の具注曆、宣明曆の3種の日出入時刻を描いたものである。3種の時刻はよく一致していることが分かる。特に、重修大明曆と具注曆は夏至から冬至までの年の後半がよく一致し、重修大明曆と宣明曆は夏至から秋分を除く期間でよく一致している。具体的に、冬至・春分・夏至・秋分で期間を分けて、それぞれの期間における日出入時刻の差の標準偏差を求めると、次の表のようになる。よく一致する期間については、日出入時刻の差は現在の時間単位で1分余りになっていることが分かる。時刻の差がより大きな期間も含め、その差は日付の差に起因しているのかもしれない。

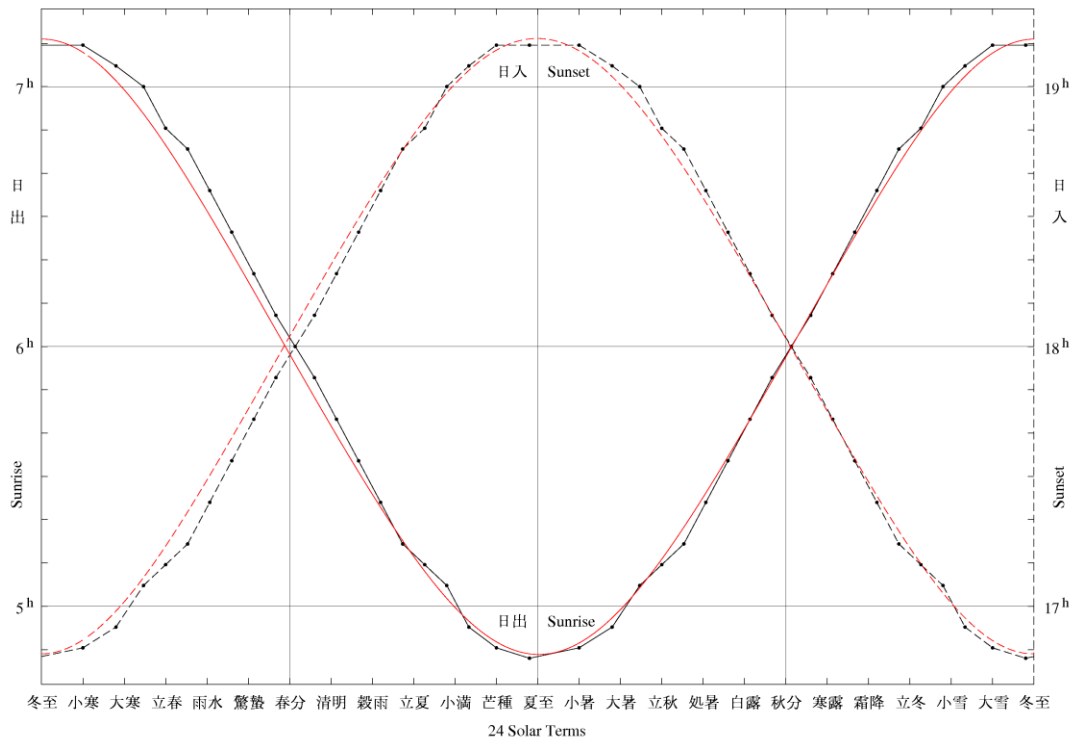


図3. 御堂関白記の具注暦による日出入時刻と北緯35°の地点での日出入時刻との比較  
縦軸と横軸の意味は図1に同じ。黒グラフが御堂関白記の具注暦の日出入、赤のグラフが北緯35°の地点の日出入

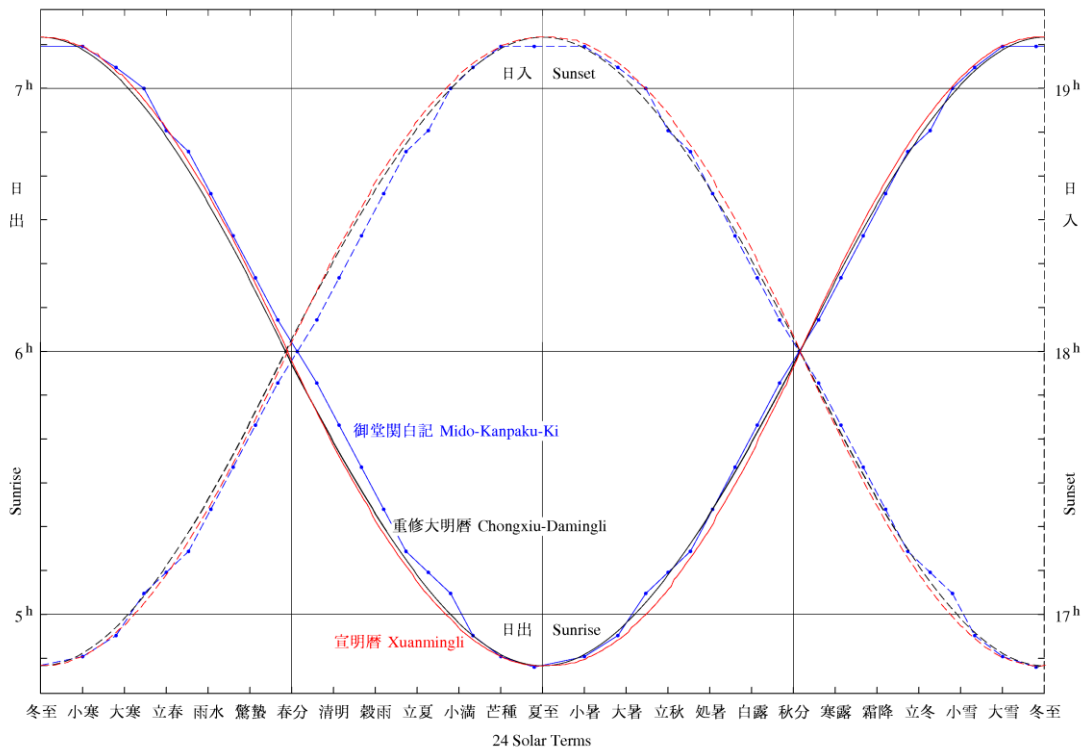


図4. 重修大明暦と御堂関白記の具注暦と宣明暦による日出入時刻の比較  
縦軸と横軸の意味は図1に同じ。

御堂関白記の具注暦，宣明暦と重修大明暦の日出入時刻の差の標準偏差（単位は現在の時間単位の分）

	冬至	春分	夏至	秋分	冬至
具注暦-重修大明暦	3.0	4.2	1.4	1.3	
宣明暦-重修大明暦	1.4	1.1	2.4	1.3	

次の表は上記3種の暦の夏至の日の日出時刻と冬至の日の日入時刻を示したものである。

	夏至日出	冬至日入
具注暦：	04:48.0	16:48.0
宣明暦：	04:48.2	16:48.3
重修大明暦：	04:48.3	16:48.3

宣明暦と重修大明暦ではこの差が現在の時間単位で0.1分以内，御堂関白記の具注暦と重修大明暦では差は0.3分である。宣明暦では1日=8400分であるから，その時間の最小単位の分は現在の単位に換算して約0.17分，御堂関白記の具注暦では1日=300分であるから，その時間の単位の分は現在の単位に換算して4.8分（この具注暦では時刻は半分まで示すこともあったので，現在の単位に換算して2.4分の精度で示すことができた）であることを考慮すると，上表に示す一致は驚異的であり，3種は同じものを基にしたものと考えられる。つまり，その基になった観測は西暦800年ごろ以前のはずである。Choi et al. (2018) は重修大明暦の日出時刻の基になった観測が行われた場所を西暦960年以後の中国または朝鮮の都から探したが，実際はもっと古かったことになる。

すでに述べたように，重修大明暦の日出入時刻は北緯35°付近の地点のものによく一致している。これは，より古い時代の中国の都の長安（今の西安，北緯34°16′）や洛陽（北緯34°39′）よりは少し南と思われ，実際にはどこであったのかは今後の課題である。

#### 4. 結論

Choi et al. (2018) は重修大明暦の毎日の日出入時刻を導く際に小さな誤りを犯した。重修大明暦，宣明暦，御堂関白記の具注暦の日出入時刻は同じ観測に基づいていると考えられる。Choi et al. (2018) は，その日出入時刻の観測地を西暦960年以後の中国や朝鮮の都から探したが，実際にはもっと古い時代の観測に基づいている。

#### 参考文献

- Choi, Go-Eun, Lee, Ki-Won, & Mihn, Byeong-Hee (2018): "Models of solar and lunar motions in the Chinese *Chongxiu-Daming* calendar", *Advances in Space Research*, Vol.62, pp.3237-3278
- 相馬充，渡辺瑞穂子，谷川清隆 (2020)：『御堂関白記』の時刻制度，国立天文台報，（印刷中）