บทที่ 3
เวลา

3.1 บทนำ

ปัจจุบันนี้มนุษย์มีความผูกพันกับเวลามาก การวัดเวลานั้นเป็นการวัดการหมุนของโลก ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง เทห์ฟากฟ้าต่าง ๆ บนท้องฟ้าปรากฏเคลื่อนที่รอบ ๆ ตัวเราและผ่านเส้นเมริเดียนในแต่ละวัน เวลาพิจารณาได้โดยตำแหน่งของวัตถุอ้างอิงบางชนิดบนทรงกลมท้องฟ้าที่เทียบกับเส้นเมริเดียนท้องถิ่น (local meridain) ช่วงระยะเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านเส้นเมริเดียนสองครั้งติดต่อกัน เราเรียกช่วงระยะเวลานี้ว่าหนึ่งวัน ระยะความยาวที่แท้จริงของหนึ่งวันขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัตถุอ้างอิง ทำให้มีชนิดของวันหลายชนิดที่สอดคล้องกับวัตถุอ้างอิงที่แตกต่างกัน วันถูกแบ่งออกเป็น 24 ส่วนเท่า ๆ กัน เรียกว่า ชั่วโมง

ระยะเริ่มแรกของการวัดเวลามนุษย์อาศัยเวลากลางวันและกลางคืน วัฏจักรของการเกิดข้างขึ้น-แรมของดวงจันทร์และการเกิดฤดูบนโลก นาฬิกาแดดเป็นนาฬิกาชนิดแรกที่มนุษย์ใช้บอกเวลา ต่อมาได้มีการประดิษฐ์นาฬิกาทราย, นาฬิกาน้ำขึ้นมาใช้แทนนาฬิกาแดด การประดิษฐ์นาฬิกามีความก้าวหน้ามาก ปัจจุบันนี้มนุษย์สามารถประดิษฐ์นาฬิกาอะตอมโดยอาศัยหลักการสั่นของอะตอมของซีเซียม นาฬิกาชนิดนี้เดินเที่ยงตรงมาก โดยมีความผิดพลาดประมาณ 1 วินาที ใน 1,000 ปี จากการที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์นาฬิกาที่มีความเที่ยงตรงสูงมาก ทำให้พบว่าการหมุนของโลกไม่คงที่เนื่องจากปรากฏการณ์การหมุนส่าย (nutation) ด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงถึง 0.003 วินาทีต่อวัน และนักวิทยาศาสตร์ยังพบอีกว่า โลกหมุนรอบตัวเองช้าลงทีละเล็กละน้อยประมาณหนึ่งวินาทีต่อปี เทคนิคการวัดการหมุนของโลกที่แม่นยำที่สุดได้แก่ การถ่ายภาพดวงดาวที่จุดเซนิทด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่มีชื่อเรียกว่า กล้องถ่ายภาพเซนิท (photographic zenith tube : PZT) เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ติดด้วยกล้องถ่ายภาพที่เลนส์ใกล้ตาทิศทางของกล้องโทรทรรศน์ชี้ไปยังจุดเซนิทเท่านั้น เทคนิคนี้สามารถวัดความเปลี่ยนแปลงของการหมุนของโลกโดยมีความแม่นยำถึงสองสามส่วนในพันของวินาที เวลาที่เราสมมติว่าโลกหมุนรอบตัวเองด้วยอัตราความเร็วคงที่ เรียกว่า เวลาอิเฟมเมอริส (Ephemeris Time : ET) ปัจจุบันนี้เวลาอิเฟมเมอริสมีชื่อเรียกใหม่ว่า เวลาพลศาสตร์ (dynamical time)

3.2 เวลาดาราคติ

เป็นระบบเวลาหนึ่งที่สำคัญมากทางด้านดาราศาสตร์ เวลาดาราคติ (sidereal time) เป็นเวลาที่ใช้จุดคงที่ เช่น จุดวสันตวิษุวัตหรือดาวฤกษ์เป็นตัวกำหนดเวลา คำนิยามของเวลาดาราคติคือ มุมชั่วโมงของจุดวสันตวิษุวัต ช่วงระยะเวลาที่จุดวสันตวิษุวัตเคลื่อนที่ผ่านเส้นเมริเดียนสองครั้งติดต่อกัน ช่วงระยะเวลานี้เรียกว่า หนึ่งวันดาราคติ และช่วงระยะเวลาที่โลกเคลื่อนที่ผ่านจุดวสันตวิษุวัตสองครั้งติดต่อกันมีชื่อเรียกว่า หนึ่งปีดาราคติ เนื่องจากเวลาดาราคติใช้จุดวสันตวิษุวัตเป็นตัวกำหนดเวลา ดังนั้นเมื่อเรารู้เวลาดาราคติในขณะใด ๆ เราจะสามารถหาตำแหน่งของจุดวสันตวิษุวัตบนท้องฟ้าได้ ซึ่งจะทำให้เรารู้ถึงตำแหน่งของเทห์ฟากฟ้าในระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรบนท้องฟ้าได้

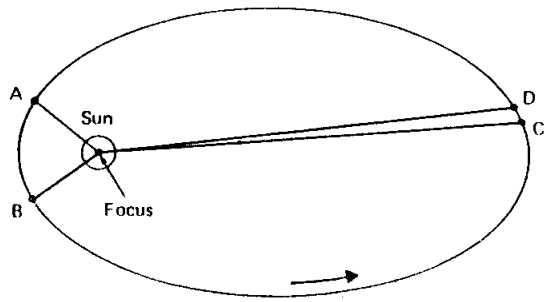
3.3 เวลาสุริยคติ

เนื่องจากเวลาดาราคติเป็นเวลาที่ใช้จุดวสันตวิษุวัตเป็นตัวกำหนดเวลานั้น มีความไม่สะดวก เนื่องจากจุดวสันตวิษุวัตเป็นจุดที่เกิดจากระนาบของเส้นสุริยวิถี (หรือทางวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์) ตัดกับระนาบของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า ดังนั้นจุดวสันตวิษุวัตจึงไม่มีแสงสว่างหรือเครื่องหมายใด ๆ เป็นที่สังเกตบนท้องฟ้า และเวลาดาราคติไม่สามารถบอกเวลากลางวันหรือกลางคืนได้ เพื่อความสะดวกในการบอกเวลาเราจึงใช้ดวงอาทิตย์เป็นตัวกำหนดเวลาเรียกว่า เวลาสุริยคติ (solar time) เวลาสุริยคติแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ เวลาสุริยคติปรากฏ (Apparent Solar Time : AST) และเวลาสุริยคติเฉลี่ย (Mean Solar Time : MST)

3.3.1 เวลาสุริยคติปรากฏ

เป็นระบบเวลาที่ใช้ดวงอาทิตย์จริง (true sun : สัญลักษณ์ $\odot$) เป็นตัวกำหนดเวลา ตัวอย่างของเวลาชนิดนี้คือ นาฬิกาแดด คำนิยามของเวลาสุริยคติปรากฏคือ เป็นเวลาที่ได้จากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์จริงบวกอีก 12 ชั่วโมง เช่น ดวงอาทิตย์จริงปรากฏอยู่บนเส้นเมริเดียน เวลาสุริยคติขณะนั้นคือ เวลาเที่ยงวันปรากฏ (apparent noon) ช่วงระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์จริงเคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งสองครั้งติดต่อกันมีชื่อเรียกว่า หนึ่งวันสุริยคติปรากฏ จากการวัดเวลาสุริยคติปรากฏตลอดทั้งปีพบว่า ช่วงระยะเวลาหนึ่งวันสุริยคติปรากฏยาวไม่คงที่ เนื่องจากเกิดจากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์และดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปตามเส้นสุริยวิถี

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสจุดหนึ่งของรูปวงรี ตำแหน่งที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเรียกว่า เพริฮีเลียน (perihelion) โดยอยู่ห่างจากดวง

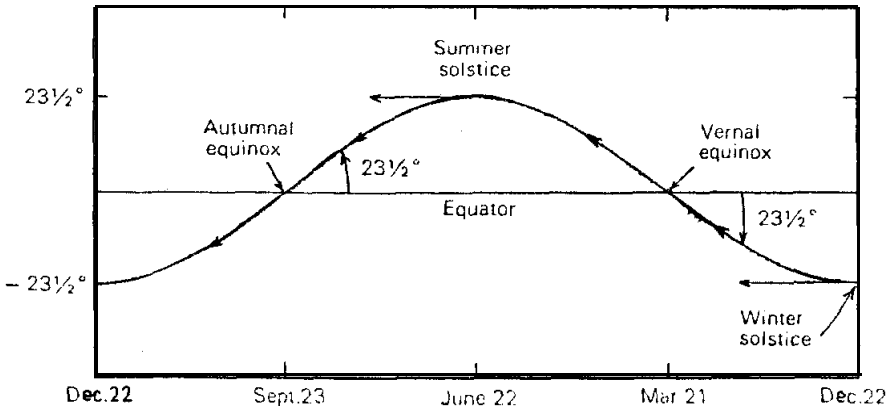


รูปที่ 3.1 โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี ถ้าโลกเคลื่อนที่จาก A ไป B ใช้เวลาหนึ่งเดือน โลกก็จะใช้เวลาหนึ่งเดือนในการเคลื่อนที่จาก C ไป D

อาทิตย์เป็นระยะทาง 1.47×10^8 กิโลเมตร และตำแหน่งที่โลกอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มากที่สุด เรียกว่า แอฟีเลียน (aphelion) โดยอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นระยะทาง 1.52×10^8 กิโลเมตร เมื่อโลกโคจรเข้าใกล้ตำแหน่งเพริฮีเลียน ความเร็วของโลกในวงโคจรจะเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งความเร็วของโลกในวงโคจรมีค่ามากที่สุดที่ตำแหน่งเพริฮีเลียน หลังจากนั้นความเร็วของโลกในวงโคจรจะช้าลงจนกระทั่งโลกมาอยู่ที่ตำแหน่งแอฟีเลียนความเร็วของโลกจะช้าที่สุด จากสาเหตุนี้เมื่อสังเกตดวงอาทิตย์จากโลกจึงทำให้ช่วงเวลาของสุริยคติปรากฏยาวไม่เท่ากัน อีกสาเหตุหนึ่งเนื่องจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปตามเส้นสุริยวิถี จากรูป 3.2 ในวันที่ 21 มีนาคม ดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดวสันตวิษุวัต หลังจากวันที่ 21 มีนาคม ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ชี้ไปทางทิศเหนือ จนถึงวันที่ 22 มิถุนายน ดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดครีษมายัน ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ชี้ไปทางทิศตะวันออก หลังจากนี้ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ชี้ไปทางทิศใต้ จนถึงวันที่ 22 ธันวาคม ดวงอาทิตย์ปรากฏที่จุดเหมายัน ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ชี้ไปทางทิศตะวันออกอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ก็จะชี้ไปทางทิศเหนืออีกครั้งหนึ่ง เราจะเห็นได้ว่า ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ทางทิศเหนือและทิศใต้จะหักล้างกันหมด เหลือแต่ทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเท่านั้น จากสาเหตุทั้งสองประการนี้ จึงทำให้ช่วงระยะเวลาหนึ่งวันสุริยคติปรากฏยาวไม่เท่ากันตลอดทั้งปี

3.3.2 เวลาสุริยคติเฉลี่ย

จากหัวข้อที่แล้วจะเห็นได้ว่า การใช้ดวงอาทิตย์จริงเป็นตัวกำหนดเวลาไม่สะดวก นักดาราศาสตร์จึงได้กำหนดเวลาขึ้นมาอีกระบบหนึ่ง เรียกว่า เวลาสุริยคติเฉลี่ย โดยสมมติว่ามีดวงอาทิตย์อีกดวงหนึ่งมีชื่อว่า **ดวงอาทิตย์สมมติ หรือดวงอาทิตย์เฉลี่ย** (fictutious sun or mean sun, หนังสือส่วนมากใช้คำว่า ดวงอาทิตย์เฉลี่ย และในที่นี้ใช้คำนี้ด้วย) คุณสมบัติของ



รูปที่ 3.2 ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ปรากฏไปตามเส้นสุริยวิถีโดยมีทิศทางเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก

ดวงอาทิตย์เฉลี่ยมีดังนี้ ดวงอาทิตย์เฉลี่ยเคลื่อนที่ไปตามเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าตลอดเวลาด้วยอัตราความเร็วคงที่ตลอดทั้งปีและมีอัตราการเพิ่มค่าไรท์แอสเซนชันคงที่ตลอดทั้งปีด้วย **เวลาสุริยคติเฉลี่ยเป็นเวลาที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้** คำนิยามของเวลาสุริยคติเฉลี่ยคือ "เวลาที่ได้จากมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์เฉลี่ยบวกด้วย 12 ชั่วโมง" ช่วงระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์เฉลี่ยเคลื่อนที่ผ่านจุดคงที่สองครั้งติดต่อกัน ช่วงระยะเวลานี้เรียกว่า หนึ่งวันสุริยคติเฉลี่ย หรือหนึ่งวันสุริยคติเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาของวันสุริยคติปรากฏตลอดทั้งปี

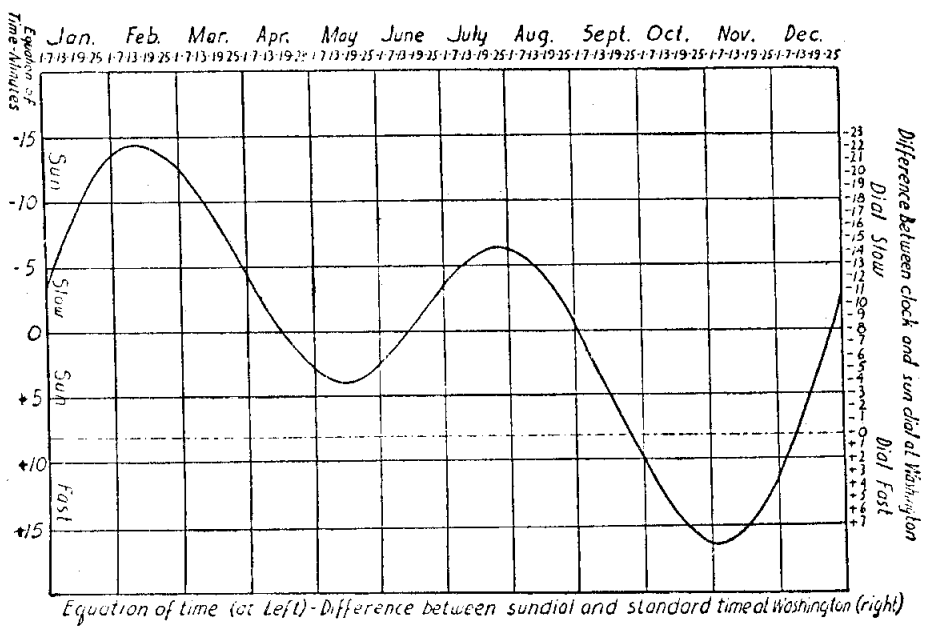
3.4 สมการของเวลา

สมการของเวลา (equation of time : E) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์จริงกับดวงอาทิตย์เฉลี่ยซึ่งหมายถึงค่าความแตกต่างระหว่างเวลาสุริยคติปรากฏกับเวลาสุริยคติเฉลี่ยในขณะหนึ่งขณะใด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.1 แสดงถึงค่าสมการของเวลาในแต่ละวันตลอดทั้งปี สมการของเวลาในแต่ละวันสามารถบอกให้เรารู้ว่า ในแต่ละวันดวงอาทิตย์จริงจะวิ่งนำหน้าหรือตามหลังดวงอาทิตย์เฉลี่ย หรือหมายความถึง เวลาสุริยคติปรากฏเร็วหรือช้ากว่าเวลาสุริยคติเฉลี่ย หรือเวลาของนาฬิกาแดดเร็วหรือช้ากว่าเวลาของนาฬิกาข้อมือ **ถ้าสมการของเวลามีเครื่องหมายเป็นบวก (+) แสดงว่าในวันนั้นดวงอาทิตย์จริงวิ่งนำหน้าดวงอาทิตย์เฉลี่ยหรือเวลาของนาฬิกาแดดเดินเร็วกว่าเวลาของนาฬิกาข้อมือ ถ้าสมการของเวลามีเครื่องหมายเป็นลบ (–) แสดงว่าในวันนั้นดวงอาทิตย์จริงวิ่งตามหลังดวงอาทิตย์เฉลี่ยหรือเวลาของนาฬิกาแดดเดินช้ากว่าเวลาของนาฬิกาข้อมือ** *(หมายเหตุ – เวลาบนนาฬิกาข้อมือนี้ผู้สังเกตจะต้องสังเกตที่ตำบลที่เส้นบอกเวลามาตรฐานผ่าน ตำบลนอกจากนี้จะต้องแก้ค่าให้ถูกต้องตามหัวข้อที่ 3.5)* ตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 3.1 ในวันที่ 1 มกราคม สมการของเวลามีค่า

THE EQUATION OF TIME

day	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
	slow	slow	slow	slow	fast	fast	slow	slow	slow	fast	fast	fast
1	3m12s	13m33s	12m34s	4m08s	2m51	2m25s	3m33s	6m16s	s0m12s	10m05s	16m20s	11m11
2	3 40	13 41	12 23	3 40	2 59	2 16	3 45	6 13	f0 07	10 24	16 22	10 49
3	4 08	13 48	12 11	3 32	3 06	2 06	3 57	6 09	0 26	10 43	16 23	10 26
4	4 36	13 55	11 58	3 14	3 12	1 56	4 08	6 04	0 45	11 02	16 23	10 02
5	5 03	14 01	11 45	2 57	3 18	1 46	4 19	5 59	1 05	11 20	16 22	9 38
	slow	slow	slow	slow	fast	fast	slow	slow	fast	fast	fast	fast
6	5 30	14 06	11 31	2 40	3 23	1 36	4 29	5 53	1 25	11 38	16 20	9 13
7	5 57	14 10	11 17	2 23	3 27	1 25	4 39	5 46	1 45	11 56	16 18	8 48
8	6 23	14 14	11 03	2 06	3 31	1 14	4 49	5 39	2 05	12 13	16 15	8 22
9	6 49	14 16	10 48	1 49	3 35	1 03	4 58	5 31	2 26	12 30	16 11	7 56
10	7 14	14 18	10 33	1 32	3 38	0 51	5 07	5 23	2 47	12 46	16 06	7 29
	slow	slow	slow	slow	fast	fast	slow	slow	fast	fast	fast	fast
11	7 38	14 19	10 18	1 16	3 40	0 39	5 16	5 14	3 08	13 02	16 00	7 02
12	8 02	14 20	10 02	1 00	3 42	0 27	5 24	5 05	3 29	13 18	15 53	6 34
13	8 25	14 19	9 46	0 44	3 44	0 15	5 32	4 55	3 50	13 33	15 46	6 06
14	8 48	14 18	9 30	0 29	3 44	f0 03	5 39	4 44	4 11	13 47	15 37	5 38
15	9 10	14 16	9 13	s0 14	3 44	s0 10	5 46	4 33	4 32	14 01	15 28	5 09
	slow	slow	slow	change	fast	slow	slow	slow	fast	fast	fast	fast
16	9 32	14 13	8 56	f0 01	3 44	0 23	5 52	4 21	4 53	14 14	15 18	4 40
17	9 52	14 10	8 39	0 15	3 43	0 36	5 58	4 09	5 14	14 27	15 07	4 11
18	10 12	14 06	8 22	0 29	3 41	0 49	6 03	3 57	5 35	14 39	14 56	3 42
19	10 32	14 01	8 04	0 43	3 39	1 02	6 08	3 44	5 56	14 51	14 43	3 13
20	10 50	13 55	7 46	0 56	3 37	1 15	6 12	3 30	6 18	15 02	14 30	2 43
	slow	slow	slow	fast	fast	slow	slow	slow	fast	fast	fast	fast
21	11 08	13 49	7 28	1 00	3 34	1 28	6 15	3 16	6 40	15 12	14 16	2 13
22	11 25	13 42	7 10	1 21	3 30	1 41	6 18	3 01	7 01	15 22	14 01	1 43
23	11 41	13 35	6 52	1 33	3 24	1 54	6 20	2 46	7 22	15 31	13 45	1 13
24	11 57	13 27	6 34	1 45	3 21	2 07	6 22	2 30	7 43	15 40	13 28	0 43
25	12 12	13 18	6 16	1 56	3 16	2 20	6 24	2 14	8 04	15 47	13 11	f0 13
	slow	slow	slow	fast	fast	slow	slow	slow	fast	fast	fast	change
26	12 26	13 09	5 58	2 06	3 10	2 33	6 25	1 58	8 25	15 54	12 53	s0 17
27	12 39	12 59	5 40	2 16	3 03	2 45	6 25	1 41	8 46	16 01	12 34	0 47
28	12 51	12 48	5 21	2 26	2 56	2 57	6 24	1 24	9 06	16 06	12 14	1 16
29	13 03	12 42	5 02	2 35	2 49	3 09	6 23	1 07	9 26	16 11	11 54	1 45
30	13 14	xx xx	4 44	2 43	2 41	3 21	6 21	0 49	9 46	16 15	11 33	2 14
31	13 24	xx xx	4 26	x xx	2 33	x xx	6 19	0 31	x xx	16 18	xx xx	2 43
	slow	slow	slow	fast	fast	slow	slow	slow	fast	fast	fast	slow

This table shows for each day of the year the number of minutes and seconds by which a sun-dial is fast or slow as compared with an accurate clock which shows local mean time. For places not on a standard time meridian, further correction is necessary as explained in the text. The table shows average values, and may be in error by as much as 10-15 seconds in December and January of some years.



รูปที่ 3.3 กราฟของสมการเวลาได้จากการพล็อตค่าสมการของเวลาในแต่ละวันตลอดทั้งปีกับวันในตาราง ที่ 3.1 แกนซ้ายมือสำหรับตำบลที่เส้นบอกเวลามาตรฐานผ่าน แกนขวามือเป็นค่าที่สังเกตที่กรุงวอชิงตันดี.ซี.

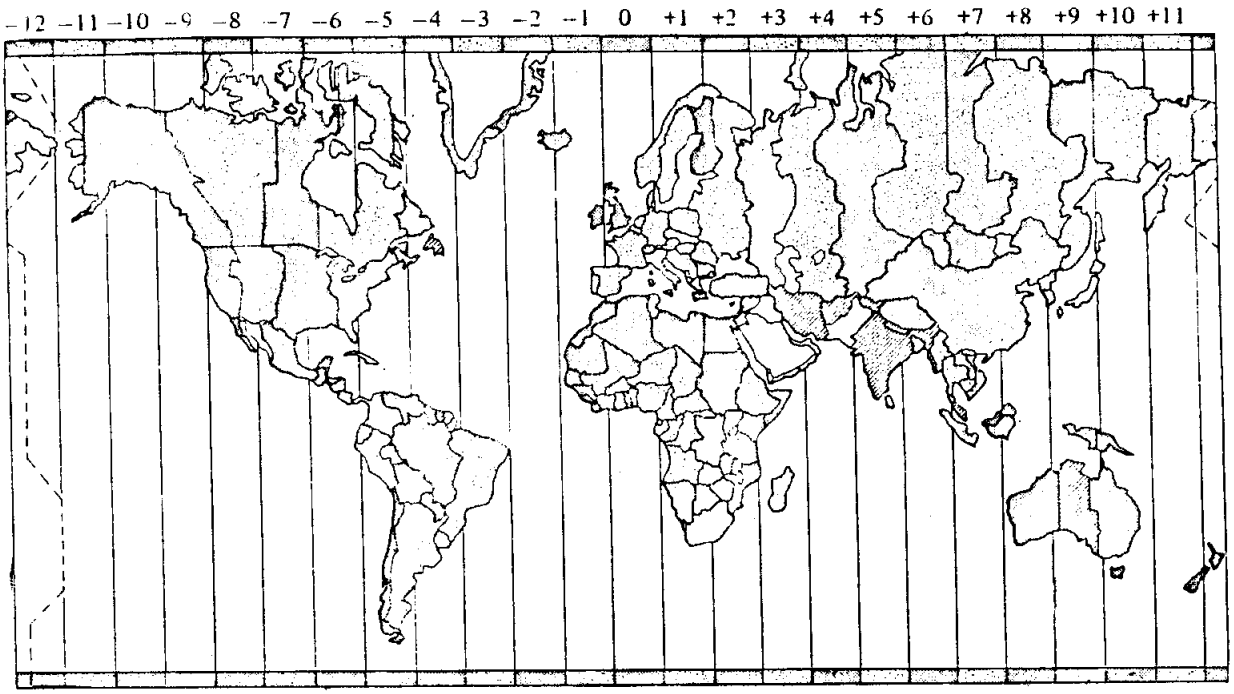
เท่ากับ –3 นาที 12 วินาที แสดงว่าในวันที่ 1 มกราคม ตำบลที่เส้นเวลามาตรฐานผ่าน เวลาบนนาฬิกาข้อมือ (บอกเวลาสุริยคติเฉลี่ย) จะบอกเวลาเร็วกว่าเวลาบนนาฬิกาแดด (บอกเวลาสุริยคติปรากฏ) เท่ากับ 3 นาที 12 วินาที หรือนาฬิกาข้อมือบอกเวลาเที่ยงวัน แต่นาฬิกาแดดบอกเวลา 11 นาฬิกา 56 นาที 48 วินาที หรือวันที่ 1 ธันวาคม สมการของเวลามีค่าเท่ากับ +11 นาที 11 วินาที หมายถึง นาฬิกาแดดบอกเวลาเที่ยงวัน แต่นาฬิกาข้อมือบอกเวลา 11 นาฬิกา 48 นาที 49 วินาที สำหรับที่ตำบลอื่น ๆ จะต้องแก้ค่าเวลาให้ถูกต้องด้วย

3.5 เวลามาตรฐานและแถบเวลา

จากการที่โลกหมุนรอบตัวเองในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ตำบลต่าง ๆ ที่อยู่ทางทิศตะวันออกจะเคลื่อนเข้ารับแสงอาทิตย์ก่อนตำบลที่อยู่ทางทิศตะวันตก ดังนั้นตำบลที่อยู่ทางทิศตะวันออกจึงมีเวลาเร็วกว่าตำบลที่อยู่ทางทิศตะวันตก เช่น ประเทศญี่ปุ่น อยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย เวลาที่ประเทศญี่ปุ่นเร็วกว่าเวลาที่ประเทศไทย 2 ชั่วโมง และประเทศอังกฤษอยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศไทย ดังนั้นเวลาที่ประเทศไทยจึงเร็วกว่าเวลาที่ประเทศอังกฤษ 7 ชั่วโมง เวลาที่ตำบลต่าง ๆ มีชื่อเรียกว่า เวลาเฉลี่ยท้องถิ่น (local mean time, หนังสือบางเล่มเรียกว่า เวลาท้องถิ่นชุมชน (local civil time)) **เวลาเฉลี่ยท้องถิ่นที่แตกต่างกันสองแห่งบนโลกจะเท่ากับค่าความแตกต่างของเส้นลองจิจูดทั้งสองตำบลนั้น** โดยแบ่งเส้นลองจิจูดบนโลกเป็นองศาได้ทั้งหมด 360 องศา *(ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 1.3)* และโลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบใช้เวลา 24 ชั่วโมง นั่นคือ เส้นลองจิจูดต่างกัน 1 องศา เวลาแตกต่างกันเท่ากับ 4 นาที เส้นลองจิจูดต่างกัน 15° เวลาแตกต่างกันเท่ากับ 1 ชั่วโมง ดังนั้น ตำบลที่อยู่บนเส้นลองจิจูดต่างกัน เวลาเฉลี่ยท้องถิ่นก็มีความแตกต่างกันด้วย การบอกเวลาเฉลี่ยท้องถิ่นที่เป็นจริงจึงไม่ได้รับความสะดวก เช่น กรุงเทพฯ, นครปฐม ฯลฯ ถ้าคิดเวลาตามท้องถิ่น กรุงเทพฯ เป็นเวลาหนึ่ง ในขณะที่นครปฐมเป็นอีกเวลาหนึ่ง จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่า การบอกเวลาที่ตำบลต่าง ๆ โดยใช้เส้นลองจิจูดที่ผ่านตำบลนั้น จะทำให้เกิดความสับสนมากสำหรับผู้ที่เดินทางภายในประเทศ

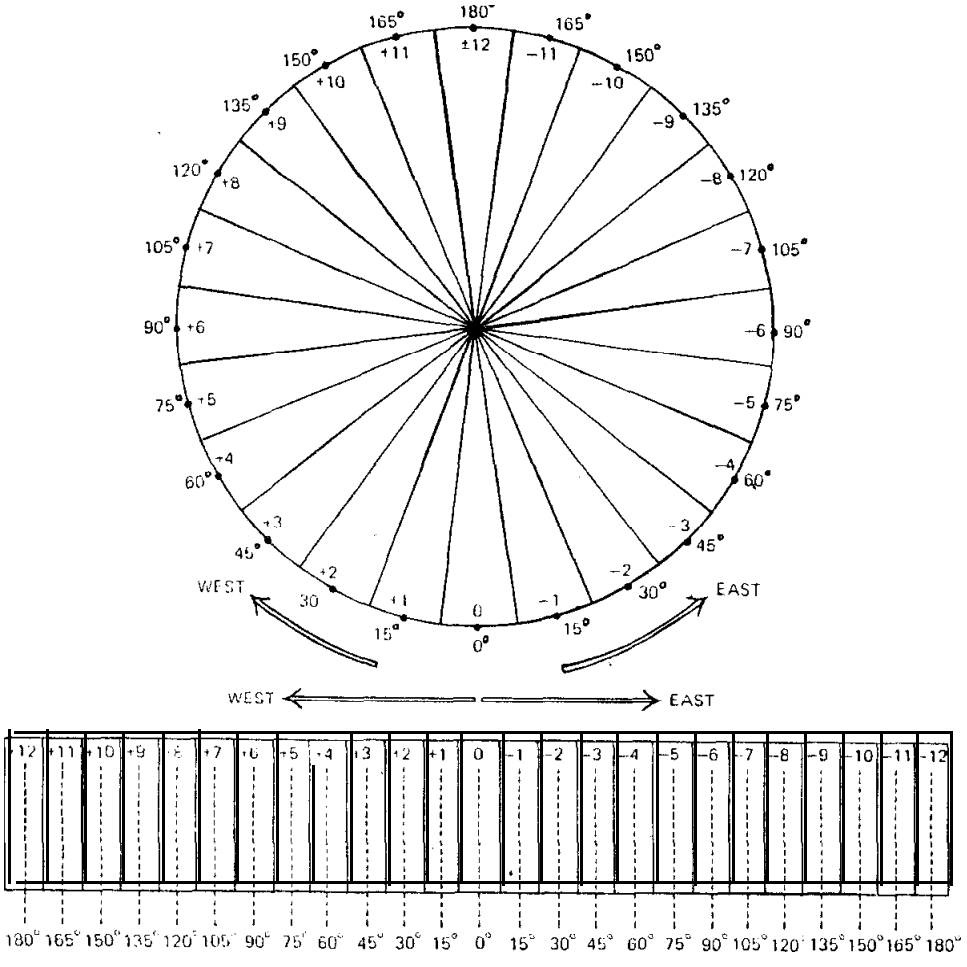
จากการที่แต่ละท้องถิ่นในอดีตไม่มีระบบมาตรฐานการบอกเวลาที่เหมือนกัน ในปี ค.ศ. 1884 ภายใต้แรงกระตุ้นอย่างมากของหนังสือพิมพ์สองฉบับ โดย **ซานฟอร์ด เฟลมมิง** (Sanford Fleming) การประชุมระหว่างประเทศได้จัดขึ้นที่กรุงวอชิงตัน ดี.ซี. มี 26 ประเทศเข้าประชุมด้วย ที่ประชุมได้ตกลงตั้งระบบการนับเวลาโดยแบ่งโลกออกเป็น 24 แถบเวลานานาชาติ (international time zone) แต่ละแถบเวลากว้าง 15° ในเส้นลองจิจูด การใช้แถบ

เวลาบนพื้นดินขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศที่จะกำหนดเวลาในแถบเวลานั้น ๆ ที่ทะเลให้แต่ละพื้นที่ใช้แถบเวลาที่เส้นเมริเดียนมาตรฐานผ่านกึ่งกลางของแถบเวลาของพื้นที่นั้น ๆ จำนวนตัวเลขของแถบเวลาเรียงตามลำดับจากเส้นเมริเดียนกรีนิช โดยทางตะวันตกของกรีนิชเป็นเครื่องหมายบวก (+) และทางตะวันออกของกรีนิชเป็นเครื่องหมายลบ (−)



รูปที่ 3.4 แสดงแถบเวลาที่ใช้บนโลกนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าหนังสือบางเล่มให้ลองจิจูดทางตะวันออกมีแถบเวลาเป็นลบ และลองจิจูดทางตะวันตกมีแถบเวลาเป็นบวก

เวลามาตรฐาน (standard time) เป็นเวลาที่ใช้สำหรับในท้องถิ่นต่าง ๆ ที่อยู่ในแถบเวลาเดียวกัน โดยใช้เส้นเมริเดียนมาตรฐานในแถบเวลานั้นเป็นเส้นบอกเวลามาตรฐาน เช่น จากรูปที่ 3.4 และ 3.5 แสดงค่าลองจิจูดต่าง ๆ โดยเส้นเมริเดียนที่ผ่านกรีนิชเป็นเส้นลองจิจูดที่ 0° แถบเวลาที่กรีนิชจะเป็นแถบเวลาที่ 0 ชั่วโมง แถบเวลานี้มีขอบเขตที่เส้นลองจิจูดที่ 7?5 ตะวันออก ถึง 7?5 ตะวันตก, แถบเวลาที่ +1 ชั่วโมง จะมีเส้นลองจิจูดที่ 15° ตะวันตก เป็นเส้นบอกเวลามาตรฐาน และเริ่มต้นตั้งแต่เส้นลองจิจูดที่ 7?5 ตะวันตก จนถึงเส้นลองจิจูดที่ 22?5 ตะวันตก สำหรับประเทศไทยอยู่แถบเวลาที่ −7 ชั่วโมง โดยมีเส้นลองจิจูดที่ 105° ตะวันออก ซึ่งผ่านจังหวัดอุบลราชธานี เป็นเส้นบอกเวลามาตรฐาน ดังนั้นเวลาของทุก ๆ ตำบลในประเทศไทยใช้เส้นบอกเวลามาตรฐานที่ 105° ตะวันออกเป็นเส้นบอกเวลาเดียวกันหมดทั้งประเทศไทย



รูปที่ 3.5 จากรูปที่ 3.4 ถ้าเรามองจากขั้วเหนือเราจะได้รูปที่ 3.5 องศา แสดงถึงค่าลองจิจูด ตัวเลขที่อยู่ภายในแสดงถึงแอบเวลาต่าง ๆ เครื่องหมายลบหมายถึงตำบลที่อยู่ทางทิศตะวันออกของกรีนิช เครื่องหมายบวกหมายถึงตำบลที่อยู่ทางทิศตะวันตกของกรีนิช

เราสามารถหาเวลามาตรฐานได้จากเวลาสุริยคติปรากฏหรือนาฬิกาแดด ดังตัวอย่าง เช่น สมมติว่ากรุงเทพฯ อยู่ที่เส้นลองจิจูดที่ 100 องศาตะวันออก ในวันที่ 16 มีนาคม พบว่าเวลาสุริยคติปรากฏบอกเวลา 11.30 น. จากตารางที่ 3.1 สมการของเวลาในวันที่ 16 มีนาคม พบว่าเวลาสุริยคติปรากฏช้ากว่าเวลาสุริยคติเฉลี่ย 8 นาที 56 วินาที ดังนั้นเวลาเฉลี่ยท้องถิ่น (หรือเวลาเฉลี่ยที่กรุงเทพฯ) คือ 11.30 น. + 8 นาที 56 วินาที = 11 นาฬิกา 38 นาที 56 วินาที แต่ประเทศไทยใช้เวลามาตรฐานที่เส้นลองจิจูด 105° ตะวันออก บอกเวลาทั้งประเทศไทย ดังนั้น กรุงเทพฯ จึงมีค่าลองจิจูดแตกต่างจากเส้นลองจิจูดมาตรฐาน = 105° − 100° = 5° คิดเป็น

เวลาที่กรุงเทพฯ แตกต่างจากเส้นบอกเวลามาตรฐาน = 5 องศา × 4 นาที/องศา = 20 นาที เวลาเฉลี่ยที่กรุงเทพฯ จึงช้ากว่า (∵ อยู่ทางตะวันตกของเส้นบอกเวลามาตรฐาน) เวลามาตรฐาน 20 นาที นั่นคือ เวลามาตรฐานในประเทศไทยคือ 11 นาฬิกา 58 นาที 56 วินาที *(หมายเหตุ – เวลานี้ตรงกับเวลาบนนาฬิกาข้อมือของเรานั่นเอง)* จากตัวอย่างนี้เราสามารถหาค่าลองจิจูดของตำบลที่เราอยู่ได้ถ้าเราทราบเวลามาตรฐาน, เวลาสุริยคติปรากฏและสมการของเวลาในวันที่ที่เราหาค่า ซึ่งเราสามารถคำนวณย้อนกลับกับวิธีของตัวอย่างข้างต้นได้

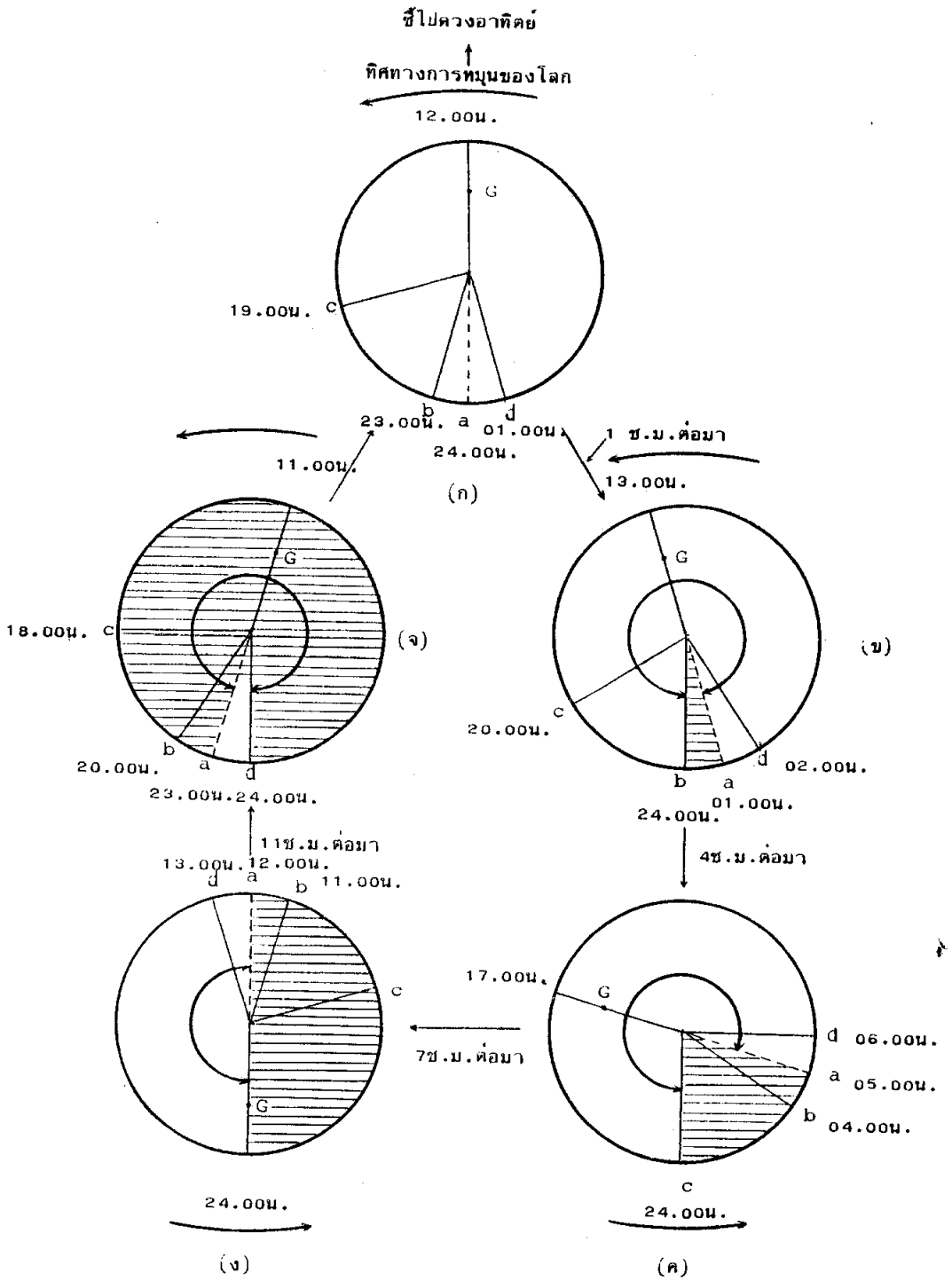
3.6 ปฏิทิน

ปี เป็นคาบเวลาที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ปีมีหลายชนิด เช่น **ปีดาราคติ** เป็นคาบเวลาการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เมื่อใช้จุดคงที่บนท้องฟ้าเป็นจุดอ้างอิง มีค่าเท่ากับ 365.2564 วันสุริยคติเฉลี่ย **ปีทรอปิก** (tropical year) เป็นคาบเวลาของการโคจรของโลกเมื่อใช้จุดวสันตวิษุวัตเป็นจุดอ้างอิง โดยที่จุดวสันตวิษุวัตมีการเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกอย่างช้า ๆ เนื่องจากการหมุนควงของแกนหมุนของโลกมีค่าเท่ากับ 365.242199 วันสุริยคติเฉลี่ย ปีที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้คือ ปีทรอปิก, ปีอะนอมัลลี (anomalistic year) เป็นช่วงระยะเวลาที่โลกโคจรเคลื่อนที่ผ่านจุดเพริฮีเลียนสองครั้งติดต่อกัน มีค่าเท่ากับ 365.2596 วันสุริยคติเฉลี่ย การที่ปีอะนอมัลลีมีช่วงระยะเวลายาวนานกว่าปีอื่น ๆ เนื่องจากแกนยาว (major axis) ของวงโคจรของโลกเคลื่อนไปอย่างช้า ๆ ในระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ สาเหตุของการเคลื่อนเกิดจากการรบกวนโดยดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ในระบบสุริยะ

ปัจจุบันนี้ ปฏิทินที่เราใช้กันอยู่แบ่ง 1 ปี ออกเป็น 365 วัน หรือ 12 เดือน เดือนที่ลงท้ายด้วยคม มี 31 วัน เดือนที่ลงท้ายด้วยยน มี 30 วัน และเดือนกุมภาพันธ์มี 28 วัน เฉพาะบางปี (4 ปีครั้ง) เดือนกุมภาพันธ์มี 29 วัน ในปีที่เดือนกุมภาพันธ์มี 29 วัน เรียกว่า ปีอธิกสุรทิน (leap year)

แรกเริ่มมนุษย์ใช้ดวงจันทร์เป็นปฏิทิน กล่าวคือ ได้จากการสังเกตข้างแรม 15 ค่ำ ของดวงจันทร์ 2 ครั้งติดต่อกัน ซึ่งจะปรากฏประมาณ 29.5 วันในหนึ่งเดือนจันทรคติ ปีจันทรคติมี 12 เดือน รวมเป็น 354 วัน โดยที่เดือนคี่มี 30 วัน เดือนคู่มี 29 วัน

ปฏิทินที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ เริ่มแรกมาจากปฏิทินที่ชาวโรมันใช้กันอยู่ในปี 46 ก่อนคริสต์ศักราช (46 B.C.) **จูเลียส ซีซาร์** (Julius Caesar) ได้เสนอปฏิทินแบบจูเลียน (Julian calendar) ว่า ในทุกช่วงเวลา 4 ปี 3 ปีแรกให้ใช้ปีละ 365 วัน ในปีที่ 4 ให้ใช้ 366 วัน และในปีที่ใช้ 366 วัน มีชื่อเรียกพิเศษว่า ปีอธิกสุรทิน ซึ่งเป็นปีคริสต์ศักราชที่หารด้วย 4 ลงตัว



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงการเปลี่ยนวันที่บนโลกเมื่อมองจากขั้วโลกเหนือลงมา เส้นประแทนเส้นวันที่, จุดG แทนตำบลกรีนิช, พื้นที่สีขาวเป็นวันที่ 1 มกราคม ส่วนพื้นที่แรเงาเป็นวันที่ 2 มกราคม

ในปี ค.ศ. 1582 ปรากฏว่าปฏิทินจูเลียนมีจำนวนวันผิดไป 10 วัน โดยวันแรกของฤดูใบไม้ผลิปรากฏเป็นวันที่ 11 มีนาคม แทนที่จะเป็นวันที่ 21 มีนาคม ดังนั้น เพื่อให้ปฏิทินมีความถูกต้อง ในปี ค.ศ. 1852 **สันตะปาปา เกรกอรีที่ 13** (Pope Gregory XIII) ได้เสนอแนะปฏิทินที่เราใช้ในปัจจุบันนี้ ปฏิทินนี้มีชื่อเรียกว่า ปฏิทินแบบเกรกอเรียน (Gregorian calendar) โดยตั้งกฎว่า ในปีที่หารด้วย 4 ลงตัว จะเป็นปีอธิกสุรทิน ยกเว้นในปีที่คริสต์ศักราชที่ลงท้ายด้วยศูนย์สองตัวไม่นับเป็นปีอธิกสุรทิน (ยกเว้นปีที่หารด้วย 400 ลงตัว ก็จะเป็นปีอธิกสุรทิน เช่น 400, 800, 1200 เหล่านี้จะเป็นปีอธิกสุรทิน) ปี ค.ศ. 1800, 1900 ปีเหล่านี้ไม่เป็นปีอธิกสุรทิน โดยกฎนี้ให้เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1700 เป็นปีที่ไม่ใช่ปีอธิกสุรทิน

3.7 การเปลี่ยนวัน

การเปลี่ยนวันบนโลกนี้ นักดาราศาสตร์ใช้เส้นวันที่ (International Date Line) ได้แก่ เส้นลองจิจูดที่ $\pm 180^\circ$ เป็นเส้นอ้างอิงในการเปลี่ยนวัน จากรูปที่ 3.6 ได้แสดงการเปลี่ยนวันตามลำดับ เริ่มจากข้อ 3.6 (ก) จนถึง 3.6 (จ)

จากรูปที่ 3.6 (ก) สมมติเรามองดูโลกที่ขั้วโลกเหนือ โลกหมุนรอบตัวเองในทิศทวนเข็มนาฬิกา เส้นประเป็นเส้นวันที่ ตำบล a อยู่ตรงเส้นวันที่ ตำบล b อยู่ห่างจากตำบล a 1 ชั่วโมง (หรือที่เส้นลองจิจูดที่ 165° ตะวันออก) c เป็นตำแหน่งของประเทศไทยที่อยู่บนเส้นลองจิจูด 105° ตะวันออก และอยู่ห่างจากตำบล a 5 ชั่วโมง G แทนกรีนิชอยู่ที่เส้นลองจิจูด 0° และอยู่ห่างจากประเทศไทย 7 ชั่วโมง และจุด d เป็นตำบลที่อยู่ห่างจากตำบล a 1 ชั่วโมง (หรือที่เส้นลองจิจูด 165° ตะวันตก) สมมติว่าทุก ๆ บริเวณบนพื้นผิวโลกเป็นวันที่ 1 มกราคม เหมือนกันทุก ๆ แห่งบนโลก เวลาที่เส้นวันที่หรือบริเวณตำบล a เป็นเวลา 24.00 น. ที่ตำบล b เป็นเวลา 23.00 น. ประเทศไทยเป็นเวลา 19.00 น. ที่กรีนิชหรือตำบล G เป็นเวลา 12.00 น. และที่ตำบล d เป็นเวลา 01.00 น. รูปที่ 3.6 (ข) เป็นเวลาอีก 1 ชั่วโมงต่อมา บริเวณตำบล a และ b จะเป็นวันที่ 2 มกราคม โดยที่ตำบล a เป็นเวลา 01.00 น. และ b เป็นเวลา 24.00 น. บริเวณอื่น ๆ ยังคงเป็นวันที่ 1 มกราคม ประเทศไทยเป็นเวลา 20.00 น. และที่กรีนิชเป็นเวลา 13.00 น. รูปที่ 3.6 (ค) โลกหมุนรอบตัวเองเป็นเวลาอีก 4 ชั่วโมงต่อมา บริเวณตำบล a จนถึงตำบล c เป็นวันที่ 2 มกราคม โดยที่บริเวณตำบล a เป็นเวลา 05.00 น. บริเวณตำบล b เป็นเวลา 04.00 น. และบริเวณตำบล c (ประเทศไทย) เป็นเวลา 24.00 น. ซึ่งกำลังจะเริ่มเข้าสู่วันที่ 2 มกราคม ส่วนที่กรีนิชจะเป็นเวลา 17.00 น. รูปที่ 3.6 (ง) เป็นเวลาอีก 7 ชั่วโมงต่อมา บริเวณบนโลกที่เป็นวันที่ 2 มกราคม มีมากขึ้นถึงครึ่งโลก ได้แก่ บริเวณตำบล a ถึงบริเวณ G บริเวณตำบล a เป็นเวลา 12.00 น. บริเวณตำบล b เป็น

เวลา 11.00 น. ประเทศไทยเป็นเวลา 07.00 น. และที่กรีนิชเป็นเวลา 24.00 น. รูปที่ 3.6 (จ) แสดงเวลาอีก 11 ชั่วโมงต่อมา ซึ่งจะเห็นได้ว่า บริเวณส่วนใหญ่ของโลกเป็นวันที่ 2 มกราคม บริเวณที่ยังเป็นวันที่ 1 มกราคม ได้แก่ บริเวณ d จนถึง a ในขณะที่บริเวณ d เป็นเวลา 24.00 น. ซึ่งกำลังจะเปลี่ยนเป็นวันที่ 2 มกราคม ส่วนบริเวณตำบล a เป็นเวลา 23.00 น. ของวันที่ 2 มกราคม หลังจากนั้นอีก 1 ชั่วโมงต่อมา ทุก ๆ บริเวณบนโลกจะเป็นวันที่ 2 มกราคม และที่บริเวณตำบล a ก็จะเริ่มต้นเข้าสู่วันที่ 3 มกราคม ต่อไป