

大項目	2	持続可能な社会の実現に向けた地球的課題と国際協力			
中項目	2-2	地球的課題とは何か、			
小項目	2-2-1	世界の自然の大局を理解して地域多様性や地球的課題を考える基礎としての自然地理-趣旨:世界の自然の見方を学ぶ(スケールや視点を変えると見えてくるものが変わる)			
細項目(発問)	2-2-1-5 氷期・間氷期	氷期・間氷期の気候変化と古地理変遷について学ぼう			
作成者名	久保 純子	作成/修正年	2021/2023	Ver.	1.1
キーワード 5~10 個程度	氷期 間氷期 古地理変遷 第四紀 海洋酸素同位対比ステージ 日本第四紀学会				

発問の意図と説明

1) 氷期・間氷期と第四紀を理解しよう。

地質時代の最新の時代である第四紀 Quaternary は、2009 年に国際地質科学連合 (IUGS: International Union of Geological Sciences) により、今から約 259 万年前以降と定義されました。第四紀は「人類の時代」や「氷河時代」とも呼ばれますが、新しい定義では、北半球に大陸氷床が発達しはじめ、世界的な寒冷化が明らかとなった時期とされます。また、最新の時代の「完新世」(約 11700 年前以降) と、それ以前の「更新世」に区分されます。2020 年には同じく IUGS により、この第四紀のうちの中期更新世(約 77 万年前～約 13 万年前)を、模式地である千葉県市原市の露頭にちなみ、「チバニアン」と呼ぶことが決定されました(図 1 参照 URL 1)。

第四紀の特色として、ヒト(Homo 属)が進化・拡散するとともに、北半球に大陸氷床が発達したことがあげられます。また、氷床の拡大・縮小がくり返し、それにともなう海水準変化がみられ、生物化石や地層の対比、そして新しい手法である海底コアや氷床コアの分析を通して、寒冷な氷期と温暖な間氷期という地球規模の環境変化がくり返したことが明らかにされています(図 2 参照 URL 2)。

2) 氷期・間氷期サイクルと海洋酸素同位対比ステージの関係を理解しよう

氷河時代発見の舞台となった北ヨーロッパ平原やアルプス山麓では、過去の氷河が残した地形や堆積物を通じて氷河の消長が研究されました。北ヨーロッパ平原はスカンジナビア氷床の、アルプス山麓では山岳氷河の拡大範囲が示されました。それとともに、どちらの地域でも新期モレーンの外側に旧期モレーンが複数認められることにより、氷河の拡大と縮小がくり返されたことも明らかとなりました。同様の研究は北アメリカのローレンタイド氷床についてもすすめられ、ヨーロッパとの対比により、4 回以上の氷期・間氷期サイクルが示されました。

さらに、氷河地形以外にも、花粉分析や堆積物の層序などにより、氷期・間氷期のくり返しは 10 回以上にのぼり、さらに太平洋や大西洋の深海底コアの分析により、200 万年で 20 回以上繰り返したことがわかりました(図 3)。また、グリーンランドや南極の氷床コアの分析により、最新の数万年間の詳細な気候変動が明らかにされています(インブリー・インブリー 1982; 町田ほか編 2003 など)。

はじめの頃はヨーロッパなどでの研究により、ヴェルム氷期(最終氷期)やエーム間氷期(最終間氷期)などと名前がつけられていましたが、近年では世界共通の海洋酸素同位対比ステージ(Marine Oxygen Isotope Stage)の番号が用いられています。これは、海底コアの有孔虫化石の炭酸カルシウム中に含まれる酸素同位体比(^{18}O と ^{16}O の比)変化曲線において、現在(後氷期)をステージ 1 とし、寒冷期に偶数、温暖期に奇数の番号をふったもので、最終氷期は MIS 2、最終間氷期は MIS 5.5(MIS 5e)という具合に呼ばれています(図 3・図 4)。

3) 氷期・間氷期サイクルと地形変化について学ぼう

氷期と間氷期の環境の変化を示す地形は、気候の変動幅の大きな中・高緯度地域や、海面変動の影響が明らかな海岸地域を中心に研究がすすめられてきました。中・高緯度あるいは高山地域では、氷河の消長に関わるモレーンなどの分布がまず注目され、また、アルプス山麓では氷河から続く段丘地形の識別がすすみました。ただし、氷河地形の場合はその後の氷河の拡大により破壊されるため、氷河が最大に拡大した時とその後の縮小過程の痕跡が用いられます。

貝塚爽平・太田陽子・小疇尚・小池一之野上道男・町田洋・米倉伸之編、鈴木毅彦・久保純子増補『写真と図でみる地形学 増補新装版』, 東京大学出版会 2019年,p.3,1-1 の図 B を引用, 東京大学出版会:引用可

このほか、陸域では植生の変化や周氷河作用などによる土壌・斜面地形の変化、河川流量や蒸発量の変化による河川地形や内陸湖沼の段丘地形、レスや黄土などの風成堆積物の堆積と古土壌の形成過程などが注目されました（図5・図6）。

氷期・間氷期の海水準の変化は、大陸棚の深度や氷床の分布などから 100m 以上という値が示されました。海面変化に関わる地形としては、大陸棚をはじめ、海岸段丘、サンゴ礁、デルタ、リアス海岸、フィヨルド、沖積層下の埋没地形などさまざまなものがあげられます。とくに、サンゴ礁段丘や海成段丘の発達と海面変化については多くの研究が行われています。

カリブ海のバルバドス島、パプアニューギニアのフオン半島、琉球列島のサンゴ礁段丘では、化石サンゴのウラン系列年代測定により 12.5 万年、10 万年、8 万年という年代値が示されました。そしてこれらは南関東など日本列島各地でテフロクロノロジー（火山灰による編年）から導かれた海成段丘の年代とも調和的であり、それぞれ酸素同位体ステージ(MIS) 5e、5c、5a に対応しています（図3）。さらに、それ以前の間氷期であるステージ7、9、11 などに対応するサンゴ礁段丘・海成段丘なども明らかにされています（米倉ほか2001）。周囲を海に囲まれ、地殻変動の激しい日本列島では、最終間氷期(MIS 5e)などの海成段丘の高度の違いが、それぞれの地域の地殻変動の差を反映していると考えられます。

海成段丘のほかにも、最終氷期に海面が 100m以上低下したため、河川の下流部では侵食がすすんで深い谷が形成され、急勾配の河岸段丘が残されている場合があります。逆に、降水量や河川流量の減少で上流部の谷地形が埋め立てられて堆積段丘が形成されたり、山地斜面が堆積物で覆われたりしていたという指摘もあります（図7）。

完新世になり、河川下流の深い谷の部分ではその後の海面上昇で沖積層が堆積したことは各地で認められています（図8）。沖積低地や段丘の形成などについても多くの研究があります（米倉ほか編 2001 など）。

気候変動による今後の地球環境を考える際に、第四紀の環境変化の研究は非常に重要です（日本第四紀学会編 2007 参照 URL 1）。

参考文献

- J. インブリー・K.P. インブリー（小泉格訳）1982『氷河時代の謎をとく』岩波現代選書
 貝塚爽平 1983『空からみる日本の地形』岩波書店
 貝塚爽平ほか編 2017『写真と図でみる地形学（増補新装版）』東大出版会
 日本第四紀学会編 1987『百年・千年・万年後の日本の自然と人類 第四紀研究にもとづく将来予測』古今書院
 米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編『日本の地形1 総説』東京大学出版会 2001 年
 田淵洋編 2002『自然環境の生い立ち（第3版）第四紀と現在』朝倉書店
 町田 洋・大場 忠道・小野 昭・山崎 晴雄・河村 善也・百原 新編 2003『第四紀学』朝倉書店
 日本第四紀学会編 2007『地球史が語る近未来の環境』東京大学出版会

参照 URL 2023 年 1 月参照確認

参照 URL 1 日本地質学会ウェブサイト

<http://www.geosociety.jp/name/content0062.html>

国際層序委員会（ICS）国際年代層序表のページ

<https://stratigraphy.org/chart>

参照 URL 2 日本第四紀学会 ウェブサイト

<http://www.quaternary.jp/index.html>

図表のページ

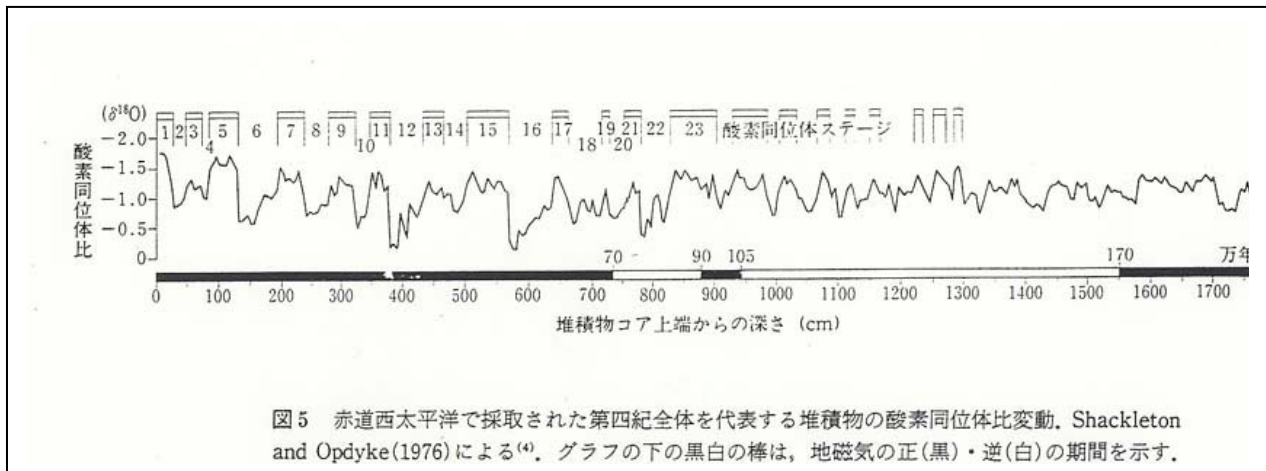


図3 第四紀の気候変化を示す深海底堆積物の酸素同位体比グラフの例
(縦軸は気温変化、横軸は年代を示す；左端が現在)

日本第四紀学会編『百年・千年・万年後の日本の自然と人類 第四紀研究にもとづく将来予測』古今書院 1987年 p.31 の図5 を引用 古今書院転載許可:2021年10月8日

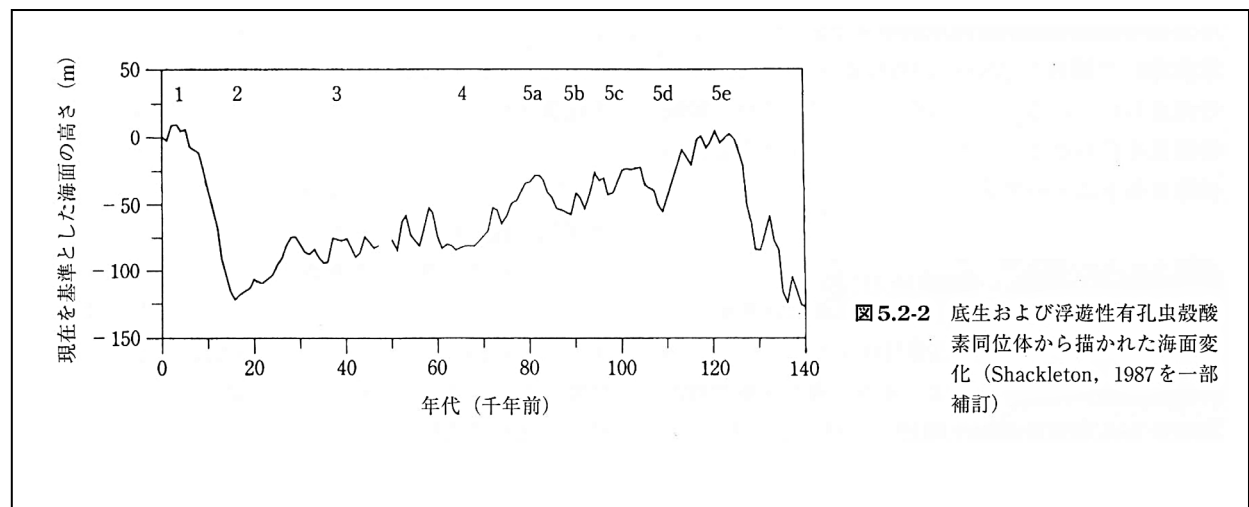


図4 最近14万年間の気候・海面変化を示すグラフの例 (上部の1~5eが酸素同位体比ステージ番号)

町田 洋・大場 忠道・小野 昭・山崎 晴雄・河村 善也・百原 新編『第四紀学』朝倉書店 2003年のp.148 の図5.2-2 引用 朝倉書店転載許可:2021年10月22日

図と表のページ

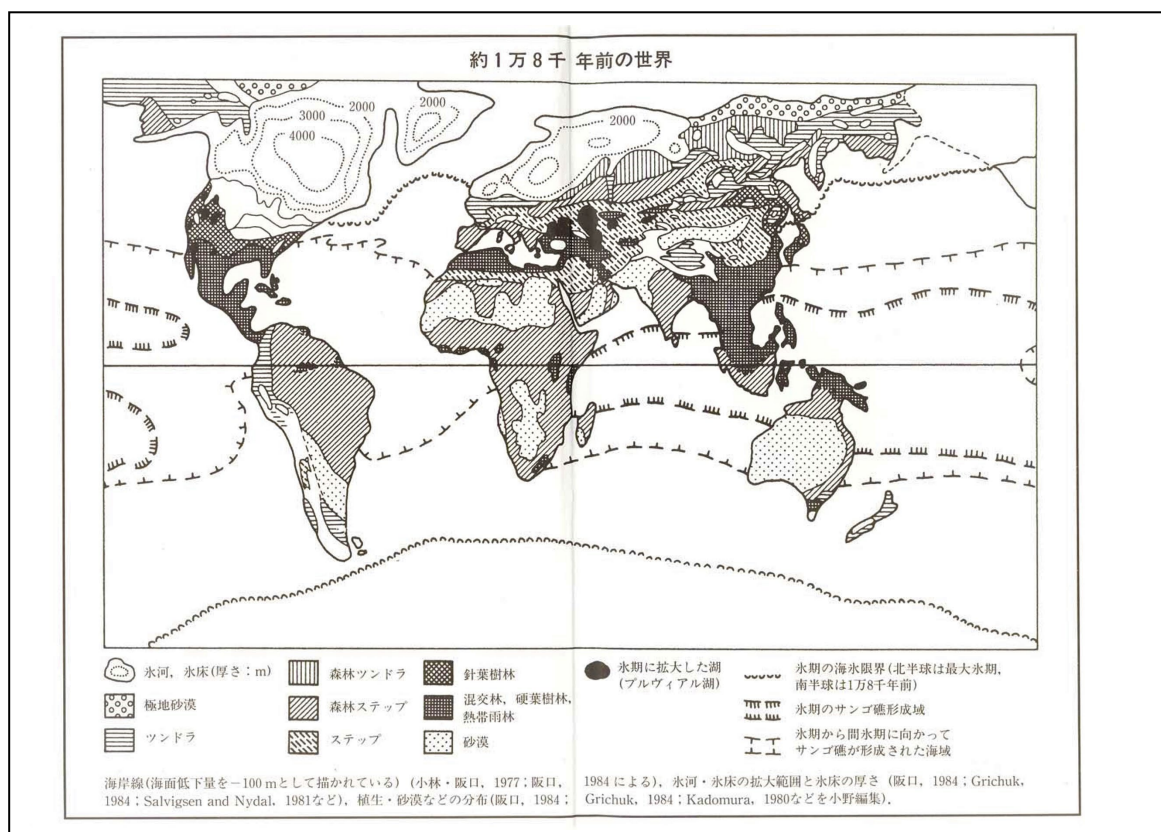


図5 現在と大きく環境が異なる約2万年前の氷期の世界

田沢洋編『自然環境の生い立ち(第3版)―第四紀と現在―』朝倉書店 2002年 見返しより引用
朝倉書店: 転載許可 2021年10月22日。

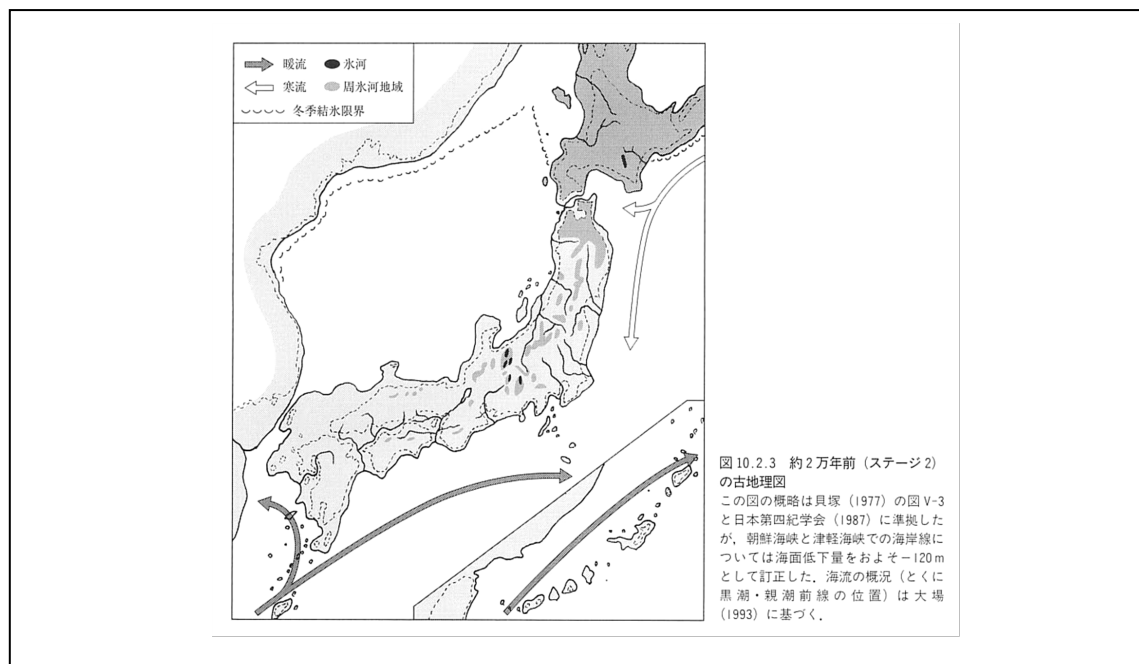


図6 約2万年前の日本列島

米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編『日本の地形1 総説』東京大学出版会 2001年 のp.319の図10.2.3より引用:東京大学出版会(引用可)

図表のページ

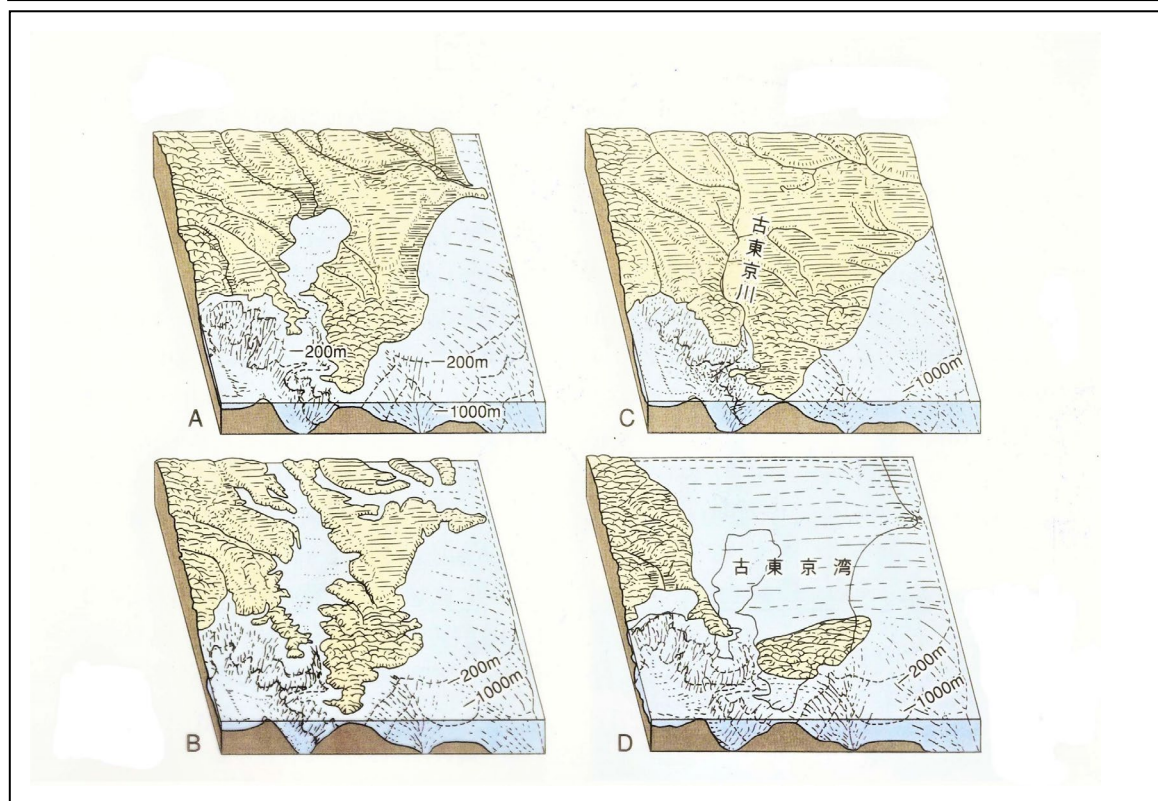
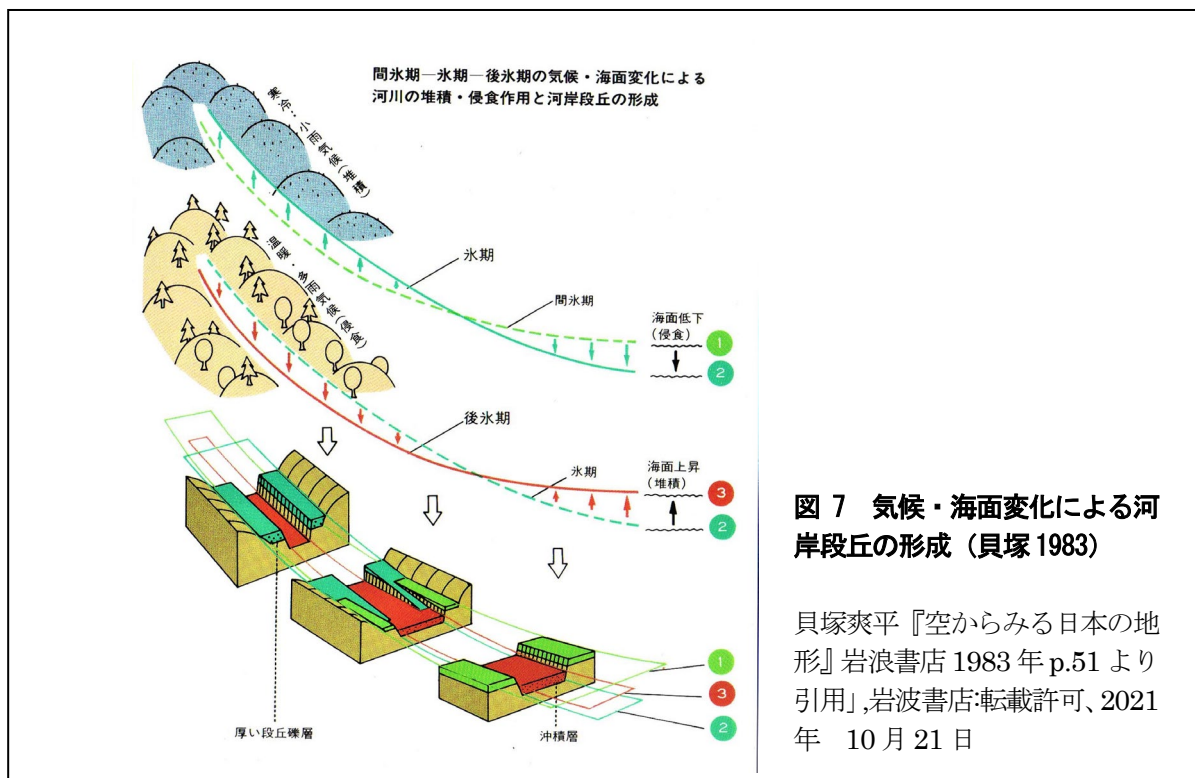


図 8 関東平野の変遷 (A: 現在、B: 約 7000 年前、C: 約 2 万年前、D: 約 12 万年前)

貝塚爽平原図 (千葉県史料研究財団 編『千葉県の自然誌 本編 2 : 千葉県の大地』1997 年)

p. 20 の図 1-20 より引用。(引用可)