壊れない荷重でも、時間が積み上がれば壊れる——クリープの温度は、融点で割って測る

— 高温では、閾値より下の荷重でも時間とともに伸び続けて壊れる（クリープ） — 分離子は、閾値を超えたかではなく時間が積み上がったか、そして温度そのものではなく融点で割った温度である — [論文659]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

部品の強さは、ふつう「この応力までは壊れない」という閾値で言う。そこには時間が入っていない。だが高温では、閾値より下の荷重でも、部品はゆっくり伸び続け、いつか壊れる。これをクリープという。クリープで、時間と温度と応力がどう効くかを数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、寿命は、温度と交換できる——ラーソン＝ミラーの式 $\mathrm{LMP} = T(20 + \log_{10} t)$ で、700 ℃・100 時間の寿命は、657.6891 ℃なら 1000 時間、618.9042 ℃なら 10000 時間、583.2220 ℃なら 100000 時間になる（第2節）。 第二に、寿命一桁は、数十度に当たる——寿命を一桁延ばすのに下げる温度は、100 から 1000 時間で 42.3109 ℃、1000 から 10000 で 38.7850 ℃、10000 から 100000 で 35.6822 ℃ だった（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。クリープの温度は、温度そのものではなく、融点で割って測る——クリープが目立つ目安の融点の 0.4 は、鉛で −32.9 ℃、アルミニウムで 100.2 ℃、鉄で 451.3 ℃、タングステンで 1204.8 ℃。室温 20 ℃ は、鉛にとって融点の 0.4881、鉄にとって 0.1619 である（第3節）。 第四に、分離子は、閾値を超えたかではなく、時間が積み上がったかである——ノートンの冪 5 で、応力を 1 割下げると寿命は 1.693509 倍、半分にすると 32 倍に延びるが、ゼロにはならない。強度の閾値より下でも、時間は積み上がる（第4節・第5節）。 キーワード：クリープ、ラーソン＝ミラーの式、融点、ノートン則、高温強度。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない――ラーソン＝ミラーの式（1952）、ノートンの冪則（1929）、寿命が最小のひずみ速度に反比例するモンクマン＝グラントの関係（1956）、クリープが融点のおよそ 0.3〜0.5 倍より上で目立つことは、いずれも既知である。簡単にした前提である――ラーソン＝ミラーの定数は 20 に置いた（実際は材料で動く）。ノートンの冪は 5 に置いた。融点の 0.4 は目安であって境目ではない。外挿の信頼性は論じない――短い試験から長い寿命を読む外挿がどこまで確かかは、主題ではない。既刊との関係：論文570 は、違う材料どうしのはめあいで締めしろが温度で消えることを示し、高温のアルミのハブではクリープが効くが本稿の外であると明記した――本稿はそのクリープの席に座る。論文658 は、焼き戻しが同じ形の式 $T(C+\log t)$ で時間と温度を交換できることを示した――クリープも同じ形で交換できる。どちらも拡散が運ぶ変化である。論文457 は、パン生地の膨らみと風味が温度係数の違いで分かれることを示した――ここでも、時間と温度の交換の割合が答えを決める。加えたのは、寿命一桁が何度に当たるかを並べたこと、融点で割った温度の表で室温の意味が金属ごとに違うことを示したこと、分離子を閾値と時間の積み上げに置いたことである。

1. 記法と問い

強度：降伏応力や引張強さは「この応力までは壊れない」という閾値で、時間を含まない。

クリープ：高温で一定の荷重をかけ続けると、ひずみが時間とともに増え、やがて破断する。ラーソン＝ミラーの式は、破断までの時間 t（時間）と温度 T（K）を

$$\mathrm{LMP} = T\,(20 + \log_{10} t)$$

でまとめ、同じ応力なら同じ LMP で破断する、とする。ノートンの冪則はひずみ速度を応力の n 乗に比例させ（$n = 5$ と置く）、寿命はひずみ速度に反比例するとした。

問い：時間を持たない強度と、時間を積み上げるクリープは、何で分かれるか。

2. 寿命と温度

計算 2.1：700 ℃・100 時間で $\mathrm{LMP} = 21409.30$ である。同じ LMP で寿命が延びる温度を出した。

寿命	温度	700 ℃から下げる温度
100 時間	700 ℃	—
1000 時間	657.6891 ℃	42.3109 ℃
10000 時間	618.9042 ℃	81.0958 ℃
100000 時間	583.2220 ℃	116.7780 ℃

寿命を一桁延ばすのに下げる温度は、42.3109、38.7850、35.6822 ℃ だった。

> **観察 2.2**
>
> 寿命は、温度と交換できる。数十度下げるだけで寿命は一桁延び、寿命が長いほど一桁に要る温度は小さくなる——高温の部品では、温度の数十度が、寿命の桁を決める。

3. 融点で割る

計算 3.1：金属ごとに、室温 20 ℃ が融点の何倍かと、融点の 0.4 倍が何度かを出した。

金属	融点	室温÷融点	融点の 0.4
鉛	600.61 K	0.4881	−32.9 ℃
すず	505.08 K	0.5804	−71.1 ℃
アルミニウム	933.47 K	0.3140	100.2 ℃
銅	1357.77 K	0.2159	270.0 ℃
鉄	1811.0 K	0.1619	451.3 ℃
ニッケル	1728.0 K	0.1696	418.1 ℃
タングステン	3695.0 K	0.0793	1204.8 ℃

観察 3.2

これが本稿の芯である。クリープの温度は、温度そのものではなく、融点で割って測る。原子が動けるかどうかは、その金属の融点にどれだけ近いかで決まる。室温は、鉄には融点の 0.1619 で冷たいが、鉛には 0.4881 で、クリープの目安の 0.4 をもう超えている。すずでは 0.5804 である——「高温」は、温度計の数ではなく、その材料にとっての高さである。

4. 応力の効き

計算 4.1：ノートンの冪 $n = 5$ で、寿命がひずみ速度に反比例するとすると、応力を 1 割下げたとき寿命は 1.693509 倍、半分にしたとき 32.000000 倍になった。

観察 4.2

応力を下げても、寿命は延びるだけで、無限にはならない。強度の閾値の考えでは、閾値より下なら壊れない。クリープの考えでは、閾値より下でもひずみ速度はゼロにならず、寿命は有限のままである——時間を持たない強度の言葉では、この壊れ方を言い表せない。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、閾値を超えたかではなく、時間が積み上がったかである。そしてその温度は、融点で割って測る。融点の 0.4 より下では、強度の閾値の考えがよく当たる。それより上では、荷重がかかっている時間が壊れ方を決める——同じ荷重・同じ部品でも、材料にとっての温度の高さで、時間の次元が現れたり消えたりする。

観察 5.2

論文570・論文658・論文457 と並べる。570 は、鋼の軸にアルミのハブのはめあいで締めしろが温度で消えることを示し、高温のアルミではクリープが効くが本稿の外だとした。アルミニウムの融点の 0.4 は 100.2 ℃ で、そこから上がその席である。658 は、焼き戻しが同じ形の式で時間と温度を交換できることを示した。457 は、時間と温度の交換の割合が膨らみと風味を分けることを示した——クリープも、拡散が運ぶ変化として、時間と温度を交換する側にある。

観察 5.3

言わないこと。ラーソン＝ミラーの定数とノートンの冪は置いた値で、材料ごとの値ではない。短い試験から長い寿命を読む外挿の確かさは論じない——示したのは、クリープを強度と分けているものと、その温度の測り方である。

6. 点呼と結び

1. 10000 時間は **618.9042 ℃**（計算 2.1）：81.0958 ℃ 下げる。
2. 100000 時間は 583.2220 ℃（計算 2.1）：寿命は温度と交換できる。
3. 一桁は 42.3109・38.7850・35.6822 ℃（計算 2.1）：数十度が桁を決める。
4. 鉛の室温は融点の **0.4881**（計算 3.1）：目安を超える。
5. 鉄の室温は融点の **0.1619**（計算 3.1）：冷たい。
6. 融点の 0.4 は鉄で 451.3 ℃（計算 3.1）：鉛では −32.9 ℃。
7. 融点で割って測る（観察 3.2）：本稿の芯。
8. 応力 1 割減で寿命 1.693509 倍（計算 4.1）：ノートンの冪 5。
9. 半分で 32 倍、無限にはならない（観察 4.2）：閾値の言葉では言えない。
10. 時間が積み上がったか（観察 5.1）：分離子・論文570・論文658・論文457。

結び：部品の強さを「この応力までは壊れない」と言うとき、そこに時間は入っていない。高温では、閾値より下の荷重でも時間が積み上がって壊れ、700 ℃・100 時間の寿命は 618.9042 ℃ なら 10000 時間に延び、寿命一桁は 35〜42 ℃ ほどに当たった。その「高温」は融点で割って測るもので、室温は鉛にとって融点の 0.4881、鉄にとって 0.1619 だった——壊れ方に時間の次元が現れるかどうかは、材料にとっての温度の高さで決まる。分離子は、閾値を超えたかではなく時間が積み上がったか、そして温度そのものではなく融点で割った温

度である。既刊との位置——論文570 が外に置いたクリープの席で、論文658 と同じ形の交換を数えた。正直に言えば——定数と冪は置いた値で、寿命の外挿の確かさには入っていない。

参考文献

1. Larson, F. R., & Miller, J. (1952). A time-temperature relationship for rupture and creep stresses. *Transactions of the ASME*.
2. Monkman, F. C., & Grant, N. J. (1956). An empirical relationship between rupture life and minimum creep rate in creep-rupture tests. *Proceedings of the American Society for Testing and Materials*.
3. Norton, F. H. (1929). *The Creep of Steel at High Temperatures*. McGraw-Hill.
4. 山岸勇輝 (2026).『速さを買うと風味を売るのは、二つの温度係数が違うときだけである』[論文457]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733066
5. 山岸勇輝 (2026).『締めしろは、違う材料どうしだと温度で消える』[論文570]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014286
6. 山岸勇輝 (2026).『焼き戻しは時間と温度を交換できるが、焼き入れはできない——交換できるのは拡散の側だけである』[論文658]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014674

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)