

アインシュタイン方程式 サイエンス社 修正表 2018.2.26 version

誤植などを発見して下さった方々, 特に榑原由貴さん, 佐藤芳紀さん, 山下泰穂さん, 高橋智洋さんに感謝します. まだまだ発見できていない個所もあるかと思えます.

1. 2 ページ, 上から 5 行目.

「ガリレイ変換」→「直交変換」

2. 2 ページ, 上から 5～6 行目.

「この変換は要するに... 変換である。」は不要.

3. 2 ページ, 式 (1.4) の上の行と式 (1.6) の下の行.

「ガリレイ変換」→「直交変換」

4. 2 ページ, 式 (1.5) の左辺.

「 $V(x')$ 」→「 $V'(x')$ 」

5. 5 ページ, 式 (1.23) の一行上.

「 $|x^\mu/c| \ll 1$ 」→「 $|x^i/c| \ll 1$ 」.

6. 8 ページ, 式 (1.48). 左辺に誤植.

正しくは

$$\frac{\partial \phi'(x')}{\partial x'^{\mu}}.$$

7. 9 ページ, 式 (1.54) の左辺の分子の ξ は x に.

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\sigma} = \frac{\partial^2 x^{\rho}}{\partial x'^{\mu} \partial x'^{\nu}} \frac{\partial x'^{\sigma}}{\partial x^{\rho}}.$$

8. 11 ページ, 式 (1.71) の右辺の第二項に Δx^{ν} が抜けている. 正しくは

$$A^{\mu}(x) - \Gamma_{\alpha\nu}^{\mu}(x) A^{\alpha}(x) \Delta x^{\nu}.$$

9. 12 ページの脚注 1 の補足説明.

式 (1.75) の左辺が右辺のように書けることは, A_{α} にある関数 f を掛けた $f A_{\alpha}$ に対して

$$(\nabla_{\mu} \nabla_{\nu} - \nabla_{\nu} \nabla_{\mu})(f A_{\alpha}) = f(\nabla_{\mu} \nabla_{\nu} - \nabla_{\nu} \nabla_{\mu}) A_{\alpha}$$

となることから理解できる.

10. 13 ページ, 式 (1.90) の一行下.

「 $R_{\mu\nu}, R$ リッチテンソル, リッチスカラーで,」

→「 $R_{\mu\nu}, R$ はそれぞれリッチテンソル, リッチスカラーで,」

11. 17 ページ, 式 (1.20) の 2 行前. 補足.
「逆行列の定義から」 → 「クラメルの公式を用いた逆行列の表式から」

12. 18 ページ, 式 (1.125) の一行下. 誤植.
「 x' = 一定面」 → 「 x^1 = 一定面」

13. 19 ページ, (1.133) 式の右辺二行目最後の項の添字に誤植.
 $\delta\Gamma_{\rho\beta}^{\alpha}\delta\Gamma_{\nu\alpha}^{\rho} \rightarrow \delta\Gamma_{\rho\beta}^{\mu}\delta\Gamma_{\nu\alpha}^{\rho}$.

14. 21 ページ, 脚注 6, 4 行目.
「行うちに」 → 「行ううちに」

15. 21 ページ, 式 (1.150) の右辺の添字に誤植. 正しくは

$$e'_{\mu} = \frac{\partial x^{\nu}}{\partial x'^{\mu}} e_{\nu}.$$

16. 24 ページ, 式 (1.74) の右辺第三行目と式 (1.175) の右辺に誤植. $D \rightarrow D - 1$.

17. 29 ページ, 図中の t は τ に.

18. 33 ページ, 式 (2.41) の右辺.

$$-\frac{4\pi G}{c^2}\rho \rightarrow \frac{4\pi G}{c^2}\rho\delta_{ij}.$$

19. 33 ページ, 下二行, カット.

20. 34 ページ, 式 (2.54) の右辺.

$$\sqrt{-d} \rightarrow \sqrt{-g}.$$

21. 34 ページ, 式 (2.55) の右辺第一行目.

$$\sqrt{g} \rightarrow \sqrt{-g}.$$

22. 35 ページ, 式 (2.55) の右辺最後の行. 式 (2.56) の左辺.

$$\nabla^{\mu} F^{\mu\nu} \rightarrow \nabla_{\mu} F^{\mu\nu}.$$

23. 35 ページ, 式 (2.56) の一行下. 「 A_{μ} 書けて」 → 「 A_{μ} で書けて」.

24. 36 ページ, 式 (2.69) の一行下. 「全積分」 → 「全微分」.

25. 37 ページ, 2.5 節. 宇宙項が断りなく落としている. ただし, 宇宙項はエネルギー・運動量テンソルの中に含めることができるので, ここでの議論は本質的に影響を受けない.

26. 38 ページ, 式 (2.81) の導出. 説明補足.

式 (2.81) の第一行目の右辺に至る際に, 物質の変分による項が落ちている. ただし, 物質の運動方程式を用いることによって, その項が寄与しないことがわかる.

27. 40 ページ, 式 (3.4) の右辺. 式 (3.5) の右辺第一行目.

$$r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \rightarrow r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2).$$

28. 40 ページ, 式 (3.6).

Γ_{BC}^A はゼロとはならず

$$\Gamma_{BC}^A = \frac{1}{2} \sigma^{AD} (\partial_B \sigma_{DC} + \partial_C \sigma_{DB} - \partial_D \sigma_{BC}) =: {}^{(2)}\Gamma_{BC}^A(\sigma).$$

となる.

29. 40 ページ, 式 (3.7) 式の右辺第二行目第二項の前の符号.

$$= \frac{f''}{2h} + \frac{h'f'}{4h^2} - \dots \rightarrow = \frac{f''}{2h} - \frac{h'f'}{4h^2} - \dots$$

30. 42 ページ, 式 (3.20).

$$\frac{1}{r^4} \rightarrow \frac{1}{r^6}.$$

31. 43 ページ, 式 (3.28) の直前に「 $|t| < \infty$ において」を加える.

32. 43 ページ, 式 (3.30) の一行後.

「なお, $r = r_g$ 」 \rightarrow 「なお, $|t| < \infty, r = r_g$ 」

33. 44 ページ, 図 3.1, 45 ページ図 3.2 のキャプション.

「シュバルシルト」 \rightarrow 「シュバルツシルト」.

34. 46 ページ, 第一行目.

「前節からの」 \rightarrow 「前小節からの」.

35. 47 ページ, 式 (3.57), (3.58) の分母は 4 ではなく 2.

36. 48 ページ, 式 (3.65) の中で

$$\Gamma_{00}^0 = \frac{\dot{f}}{f} \rightarrow \Gamma_{00}^0 = \frac{\dot{f}}{2f}, \Gamma_{rr}^0 = \frac{h}{2f} \rightarrow \Gamma_{rr}^0 = \frac{\dot{h}}{2f}.$$

37. 49 ページ, 式 (3.75).

$$ds^2 = -\frac{1}{h(r)} dt^2 + \dots \rightarrow ds^2 = -\frac{1}{h(r)} c^2 dt^2 + \dots.$$

38. 49 ページ, 式 (3.79) の一行下. 「 M は質量の a は...」 \rightarrow 「 M は質量, a は...」

39. 50 ページ, 式 (3.80) の右辺第二行目. 正しくは

$$-(4GMa \sin^2 \theta / rc^2) c dt d\phi + r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2).$$

40. 50 ページ, 式 (3.81) の一行上.

$$M > a \rightarrow GM/c^2 > a.$$

41. 51 ページ, 式 (3.90) の右辺.

$$dt^2 \rightarrow c^2 dt^2.$$

42. 51 ページ, 式 (3.90) の二行下.

「ライシュナー・ノルドシュトローム」 \rightarrow 「ライシュナー・ノルドシュトローム」

43. 52 ページ, 式 (3.93) の二行下.

$$r_+ \leq r \leq r_e \rightarrow r_+ < r < r_e.$$

44. 59 ページ, 式 (3.130) の一行下.

「 $1 - r^2/\ell^2 > 0$ はであるから」 \rightarrow 「 $1 - r^2/\ell^2 > 0$ であるから」.

45. 59 ページ, 式 (3.130) の三行下, 式 (3.134) の一行下.

「ドジッター」 \rightarrow 「ド・ジッター」.

46. 59 ページ, 式 (3.132) の左辺.

$$a(\tau) \rightarrow a(t).$$

47. 59 ページ, 式 (3.135) の四行目.

$$Y = \ell \sin\left(\frac{ct}{\ell}\right) \sinh \chi \sin \theta \cos \phi \rightarrow Y = \ell \sin\left(\frac{ct}{\ell}\right) \sinh \chi \sin \theta \sin \phi.$$

48. 60 ページ, 式 (3.138) の右辺.

$$\sinh^2 \rho \Omega_2^2 \rightarrow \sinh^2(\rho/\ell) d\Omega_2^2.$$

49. 61 ページ, 式 (3.147) の右辺第一行目.

$$\frac{(D-2)f'}{rfh} \rightarrow \frac{(D-2)f'}{2rfh}.$$

50. 61 ページ, 式 (3.148) の右辺第一行目.

$$\frac{(D-2)h'}{rh^2} \rightarrow \frac{(D-2)h'}{2rh^2}.$$

51. 61 ページ, 式 (3.149) の二行下.

$${}^{(D-2)}R^{AB} \rightarrow {}^{(D-2)}R_{AB}.$$

52. 65 ページ, 式 (3.173) の右辺第一行目, 括弧の中の分子.

$$1 - \frac{m^2 - Q^2}{\rho^{2(D-3)}} \rightarrow 1 - \frac{m^2 - Q^2}{4\rho^{2(D-3)}}.$$

53. 67 ページ, 脚注 11 の 2 行目.

「ドジッター時空」 \rightarrow 「ド・ジッター時空」.

54. 75 ページ, 図 4.2. 誤植.

図中の $\Sigma_{\xi+\sigma\xi}$ は $\Sigma_{\xi+\delta\xi}$.

55. 76 ページ, 第一行目.

「第 2, 3 項に対して」 → 「第 3, 4 項に対して」.

56. 77 ページ, 脚注 2.

「一般的には... 指数関数的に増大しに不安定...」 → 「一般には... 指数関数的に増大して不安定...」.

57. 78 ページ, 式 (4.47) の右辺第二項.

$$q_{ij}(dx^i + N^i dt)(dx^j + N^j dt) \rightarrow q_{ij}(dx^i + N^i dt)(dx^j + N^j dt).$$

58. 78 ページ, 式 (4.51) の右辺第二行.

$$n^a(\nabla_c \nabla_a - \nabla_a \nabla^c)n_c \rightarrow n^a(\nabla^c \nabla_a - \nabla_a \nabla^c)n_c.$$

59. 80 ページ, 式 (4.65) の右辺第一行目と三行目にマイナスの符号が抜けている.

60. 82 ページ, 式 (4.72) の右辺第三行目第二項.

$$d\Sigma_2 \rightarrow d\Sigma_1.$$

61. 83 ページ, 式 (4.80) の右辺第一行目の括弧の中の第二項目.

$$\int dt L \rightarrow L.$$

62. 83 ページ, 式 (4.81) の右辺第二行目, 式 (4.82) の右辺第二項目.

$$K^{ij} - q^{ij} K \rightarrow K_i^j - \delta_i^j K.$$

63. 84 ページ, 5.1 節の最初から 2 行目.

$$(\Sigma_+, g_+) \rightarrow (M_+, g_+).$$

64. 86 ページ, 式 (5.13) の右辺.

$$[T_{ab}]^- \rightarrow [T_{ab} n^a n^b]^-.$$

65. 88 ページ, 式 (5.32) 式右辺の第三行, 四行の中の σ は ϵ に。

66. 89 ページ, 式 (5.41) と (5.47) の左辺第一項の中.

$$\sqrt{\dot{a}^2 + f} \rightarrow \sqrt{\dot{a}^2 + f_+}.$$

67. 90 ページ, 式 (5.48). 正しくは

$$\frac{\ddot{a} + f'_+/2}{\sqrt{\dot{a}^2 + f_+}} = \frac{\kappa^2 \rho}{4}.$$

68. 91 ページ, 式 (5.60) の手前.

「アイシュタイン方程式」 → 「アインシュタイン方程式」.

69. 91 ページ, 式 (5.60) の右辺.

$$\kappa^2[-\Lambda g_{ab} + S_{ab}] \rightarrow -\Lambda g_{ab} + \kappa^2 S_{ab}.$$

70. 92 ページ, 脚注 3.

「ワイルテンソルからゼロとなる。」 → 「ワイルテンソルがゼロとなる。」

71. 93 ページ, 式 (5.76) の一行上.

「(式 (3.109), (3.110))」 → 「(式 (3.109), (3.111))」.

72. 93 ページ, 式 (5.76) の右辺.

$$+\frac{\Lambda c^2}{3} - \frac{8\pi G}{3}\rho \rightarrow +\frac{\Lambda}{3} + \frac{8\pi G}{3}\rho.$$

73. 93 ページ, 式 (5.77) の右辺と式 (5.81) の右辺第二項.

$$-\frac{4\pi G}{3}(\rho + P) \rightarrow -\frac{4\pi G}{3}(\rho + 3P).$$

74. 93 ページ, 式 (5.81) から下に 11 行目.

「シュバルツルト・反ド・ジッター時空」 → 「シュバルツシルト・反ド・ジッター時空」.

75. 102 ページ, 式 (7.13) の右辺.

$$k^a l^b + l^a k^b \rightarrow k_a l_b + l_a k_b.$$

76. 103 ページ, 式 (7.24) の中.

$$\left(2(u^a \xi_a)^2 + 2\right)P \rightarrow \left(2(u^a \xi_a)^2 + 1\right)P.$$

77. 103 ページ, 式 (7.25) から下に三行目.

「過去向き発射」 → 「過去向きに発射」.

78. 106 ページ, 定理中の第四行目の「時間的で $3/|C|$ よりも」は「 $3/|C|$ よりも」に.

79. 106 ページ, 下から 7 行目.

「未来向に向かって」 → 「未来に向かって」.

80. 107 ページ, 定義中の第一行目の「 T から放たれる」は「 T から垂直に放たれる」に.

81. 107 ページ, 中ほどの定理中.

「もし捕獲面 T が存在すならば」 → 「もし捕獲面 T が存在するならば」.

82. 108 ページ, 7.3.1 節の第三行目の「ブラックホールになっている」は「ブラックホールの中になる」に.

83. 111 ページ, 図中.

「見せかけの地平面」 → 「見かけの地平面」.

84. 112 ページ, 式 (7.33) の一行下.

「ラプラシアン演算子」 → 「ラプラス演算子」.

85. 113 ページ, 式 (7.35) の一行下. 114 ページ, 式 (7.40) から二行下.

「ライチャウドリ方程式」 → 「ライチャウドウリ方程式」.

86. 114 ページ, 式 (7.46). 誤植.

正しくは

$$R_{ab}h^{ab} = {}^{(2)}R + 2\hat{\theta}_+\hat{\theta}_-e^{-2f} - 2\mathcal{D}^2f - 2(\mathcal{D}f)^2 + 2e^{-2f}\partial_v\hat{\theta}_+.$$

87. 114 ページ, 式 (7.47). 誤植.

正しくは

$${}^{(2)}R = -2\hat{\theta}_+\hat{\theta}_-e^{-2f} + 2\mathcal{D}^2f + 2(\mathcal{D}f)^2 - 2e^{-2f}\partial_v\hat{\theta}_+ + 16\pi Ge^{-2f}T_{ab}n_+^an_-^b.$$

88. 115 ページ, 式 (7.48) の右辺の被積分関数の中の第二項.

$$-e^{-2f}\partial_v\hat{\theta}_+ \rightarrow -2e^{-2f}\partial_v\hat{\theta}_+.$$

89. 116 ページ, 上から 7 行目.

「時間の経過とともに」 → 「時間の経過とともに」.

90. 117 ページ, 下から 3 行目.

$$f(y) = 8M/r^3 \times 4\pi r^2 \rightarrow 8GM/r^3 \times 4\pi r^2.$$

91. 118 ページ, 式 (7.61) の \tilde{k}_{ab} の定義が抜けている.

$$\tilde{k}_{ab} := k_{ab} - \frac{1}{2}h_{ab}k.$$

92. 119 ページ, 式 (7.70) の下に 2 行目.

「 ϵ がウイッテン方程式を満たしている場合, ξ^μ は時間的ベクトルになっていることを示すことができる」とあるが, これは正確ではない. Dirac spinor を Weyl spinor で分解して表現すると, Weyl spinor から構成された 2 つのベクトルの和で書ける. そして, Weyl spinor から作られたベクトルは各々未来向きの光的ベクトルであり, その和は時間的である.

93. 120 ページ, 式 (7.74)-(7.76). ϵ_1 の説明が抜けている.

ϵ_1 は $\epsilon_1 = \epsilon - \epsilon_0$ である.

94. 120 ページ, 式 (7.75) の左辺第二項, 式 (7.76) の右辺第二項において

$$\partial_A \rightarrow \partial_{\hat{A}}$$

.

95. 120 ページ, 式 (7.79) の一行下.

$${}^{(3)}\gamma_i \rightarrow {}^{(3)}\nabla_i.$$

96. 120 ページ, 式 (7.80) の左辺第二項の Γ_j は $\Gamma_{\hat{j}}$. 右辺第二項の括弧の中の δ_{ij} は $\delta_{\hat{i}\hat{j}}$.

97. 120 ページ, 式 (7.81) の右辺の括弧の中. 正しくは

$$\partial^j h_i^k - \partial^k h_i^j.$$

98. 121 ページ, 式 (7.84) の右辺の被積分関数の第二項の中で.

$$\gamma^i \gamma_k \rightarrow \partial^i \partial_k.$$

99. 121 ページ, 式 (7.88) の右辺第二行第二項.

$$\frac{1}{2} G_\nu^\mu \xi_\mu \rightarrow \frac{1}{2} G_\mu^\nu \xi^\mu.$$

100. 121 ページ, 式 (7.90) の左辺.

$$t^\alpha \rightarrow t_\nu.$$

101. 123 ページ, 式 (7.100) の右辺第一項の被積分関数.

$$\nabla_{\hat{i}} \rightarrow \nabla_i.$$

102. 123 ページ, 式 (7.104) の左辺第二項.

$$\mathcal{D}_A \rightarrow \mathcal{D}_{\hat{A}}.$$

103. 124 ページ, 7.5.2 節の最後の行. 「宇宙検閲仮説」 → 「宇宙検閲仮説」.

104. 126 ページ, 式 (7.116) の右辺の「= 0」はカット.

105. 127 ページ, 式 (7.133) の右辺第一行目.

$${}^{(3)}R_{ijkl} {}^{(3)}R_{ijkl} \rightarrow {}^{(3)}R_{ijkl} {}^{(3)}R^{ijkl}.$$

106. 128 ページ, 式 (7.141) の下の行.

「式 (7.140) の右辺は非負」 → 「式 (7.140) の右辺は非正」.

107. 129 ページ, 式 (7.145).

不等号が逆. 正しくは, $\rho_0 \geq 4m$.

108. 129 ページ, 式 (7.146).

$$\int_{\Sigma} h^{1/2} V^{(2)} R dV \rightarrow \int_{\Sigma} \frac{V}{\rho} {}^{(2)}R d\Sigma.$$

109. 129 ページ, 式 (7.148) の一行下.

$$M \rightarrow m.$$

110. 129 ページ, 式 (7.149), (7.150).
式 (7.149) と (7.150) の不等号が逆.

111. 129 ページ, 式 (7.150) の下の行.
脚注 22 は式 (7.149) の直前に移動.

112. 129 ページ, 脚注 22.
「次の節で述べる」 → 「前節で述べた」.

113. 131 ページ, 式 (7.156) の右辺第二行.
$$\frac{1}{V^2} \rightarrow \frac{4}{V^2}.$$

114. 132 ページ, 式 (7.160) の左辺. da^2 は ds^2 .
右辺第二行目第一項の前にマイナスの符号が抜けている.

115. 132 ページ, 式 (7.164) の右辺第一項.

$${}^{(D-1)}R_{\pm} \rightarrow {}^{(D-1)}R$$

116. 133 ページ, 図 7.7 中.

$$(\tilde{\Sigma}^{\pm}, g_{\pm}) \rightarrow (\tilde{\Sigma}^{\pm}, \tilde{g}^{\pm}).$$

117. 134 ページ, 式 (7.173) から下に 4 行目と 5 行目.

$$\tilde{\Sigma}^- \rightarrow \tilde{\Sigma}_-.$$

118. 134 ページ, 式 (7.173) から下に 8 行目.
「保障する」 → 「保証する」.

119. 135 ページ, 7.6.2 節の最後の段落.
「極限ブラックホールでない場合に限り」とあるが, 極限ブラックホールについて議論している論文がある. 例えば, M. Rogatko, Phys.Rev. D67 (2003) 084025.

120. 参考文献, [3] は
佐藤文隆、小玉英雄:『一般相対性理論』(現代物理学叢書)(岩波書店, 2000). としても出版されている.

121. 140 ページ, 「反ドジッター時空」 → 「反ド・ジッター時空」.