000
001
002
003
004
005
006
007
008
009
010
011
012
013
014
015
016
017
018
019
020
021
022
023
024
025
026
027
028
029
030
031
032
033
034
035
036
037
038
039
040
041
042
043
044
045
046
047
048
049
050
051
052
053
054

Table 1. Comparison with large-scale models.

Method	Monkey C	M1-A	M2
POYO-1 + Unit	0.86± 0.06	-	-
POYO-1 + Full finetune	**0.91± 0.05**	-	-
NDT2 + ZS	-	0.11± 0.11	<0.03± 0.15
NDT2 Multi + FSS	-	0.59±0.07	0.43± 0.08
CRRL	<u>0.87± 0.02</u>	<u>0.42± 0.13</u>	<u>0.31± 0.17</u>

Table 2. Number of model parameters and iter speed.

Method	#Param.	Iterations per second
POYO-1	50.51 MB	31.91it/s
NDT2	72.88 MB	11.20it/s
SD-Net	11.43 MB	42.46it/s
ADAN	9.48 MB	26.72it/s
Cycle-GAN	18.79 MB	21.49it/s
CRRL	26.46 MB	18.25it/s

Table 3. The performance of regression and classification prediction which compares with different cross-day decoding methods.

R^2/acc	Model	Task	Number of days since day 0					
			0	[5, 10)	[10, 20)	[20, 40)	[40, 65)	[65, +∞)
Center-Out (C)	Stabilizedbci	Direction	86.5± 0.011	56.6± 0.027	50.7± 0.157	44.8± 0.110	-/-	-/-
	SD-Net			69.3± 0.152	62.5± 0.005	63.3± 0.232	-/-	-/-
	NoMAD			48.4± 0.023	50.6± 0.157	37.9± 0.226	-/-	-/-
	CRRL (Ours)			**77.1± 0.117**	**70.5± 0.198**	**66.8± 0.117**	-/-	-/-
Center-Out (M)	Stabilizedbci	Direction	73.1± 0.208	-	51.6± 0.181	43.7± 0.052	-	-
	SD-Net			-	62.0± 0.151	52.0± 0.149	-	-
	NoMAD			-	39.5± 0.233	29.7± 0.140	-	-
	CRRL (Ours)			-	**63.5± 0.126**	**57.4± 0.048**	-	-
ISO (J)	Stabilizedbci	Direction	92.5± 0.240	57.4± 0.089	53.1± 0.205	35.0± 0.120	36.5± 0.105	29.1± 0.015
	SD-Net			65.2± 0.228	58.6± 0.159	44.2± 0.061	43.8± 0.181	34.5± 0.032
	NoMAD			65.2± 0.175	**62.4± 0.023**	40.8± 0.111	37.5± 0.203	39.7± 0.119
	CRRL (Ours)			**66.3± 0.160**	61.5± 0.204	**62.2± 0.107**	**48.6± 0.180**	**51.1± 0.008**
ISO (S)	Stabilizedbci	Direction	94.4± 0.072	43.3± 0.023	47.2± 0.229	40.9± 0.172	25.0± 0.247	14.8± 0.176
	SD-Net			56.5± 0.024	53.7± 0.009	53.7± 0.060	45.6± 0.048	35.9± 0.214
	NoMAD			53.3± 0.065	51.2± 0.188	45.0± 0.127	44.1± 0.187	31.3± 0.135
	CRRL (Ours)			**57.2± 0.160**	**56.6± 0.077**	**54.5± 0.237**	**54.1± 0.199**	**45.2± 0.210**
ISO (J)	ADAN	EMG	0.71± 0.060	0.66± 0.152	0.60± 0.100	0.56± 0.110	0.54± 0.106	0.48± 0.057
	Cycle-GAN			0.68± 0.212	0.65± 0.074	0.63± 0.114	0.59± 0.183	0.50± 0.036
	CRRL (Ours)			**0.70± 0.234**	**0.66± 0.123**	**0.69± 0.223**	**0.65± 0.239**	**0.61± 0.070**
Key (G)	ADAN	EMG	0.46± 0.117	0.26± 0.091	0.21± 0.019	0.18± 0.145	<0	-
	Cycle-GAN			0.27± 0.112	0.25± 0.152	0.20± 0.146	0.09± 0.234	-
	CRRL (Ours)			**0.41± 0.193**	**0.37± 0.043**	**0.35± 0.205**	**0.32± 0.101**	-
Center-Out (C)	Stabilizedbci	Trajectory	0.84± 0.186	0.59± 0.246	0.52± 0.163	0.45± 0.189	-	-
	SD-Net			0.73± 0.239	0.65± 0.070	0.62± 0.176	-	-
	NoMAD			0.55± 0.123	0.58± 0.234	0.41± 0.223	-	-
	CRRL (Ours)			**0.75± 0.114**	**0.68± 0.009**	**0.65± 0.106**	-	-
Center-Out (M)	Stabilizedbci	Trajectory	0.68± 0.077	-	0.38± 0.199	0.34± 0.210	-	-
	SD-Net			-	0.45± 0.060	0.39± 0.236	-	-
	NoMAD			-	0.33± 0.036	0.26 ± 0.183	-	-
	CRRL (Ours)			-	**0.51± 0.212**	**0.45± 0.057**	-	-
ISO (J)	Stabilizedbci	Trajectory	0.73± 0.070	0.38± 0.239	0.32± 0.223	0.23± 0.204	0.20± 0.117	0.17± 0.183
	SD-Net			0.42± 0.228	0.35± 0.032	0.28± 0.159	0.25± 0.157	0.20± 0.117
	NoMAD			0.44± 0.163	0.45± 0.176	0.37± 0.160	0.28± 0.127	0.31± 0.187
	CRRL (Ours)			**0.51± 0.246**	**0.48± 0.186**	**0.43± 0.205**	**0.46± 0.043**	**0.47± 0.101**
ISO (S)	Stabilizedbci	Trajectory	0.75± 0.193	0.33± 0.146	0.35± 0.152	0.24± 0.112	0.18± 0.237	<0
	SD-Net			0.40± 0.145	0.37± 0.019	0.36± 0.091	0.32± 0.117	0.24± 0.234
	NoMAD			0.34± 0.069	**0.40± 0.061**	**0.38± 0.136**	0.37± 0.095	0.29± 0.242
	CRRL (Ours)			**0.43± 0.134**	0.39± 0.221	0.35± 0.187	**0.37± 0.108**	**0.30± 0.186**

Table 4. Ablation Study on Simulation Dataset.

R^2/acc	w/o RA	w/o RC	RA + RC
New/lost neuron (5 %)	<u>0.83/99.1</u>	0.72/92.7	**0.92/99.5**
New/lost neuron (10 %)	<u>0.81/96.1</u>	0.69/89.3	**0.87/99.3**
New/lost neuron (15 %)	<u>0.65/84.2</u>	0.69/89.3	**0.63/79.5**
New/lost neuron (30 %)	0.43/56.9	0.48/51.9	**0.87/99.3**
Shuffled channel (5 %)	0.15/55.1	<u>0.85/92.1</u>	**0.89/98.0**
Shuffled channel (10 %)	0.05/48.3	<u>0.77/87.5</u>	**0.86/98.2**
Shuffled channel (15 %)	<0/25.7	<u>0.52/61.3</u>	**0.67/81.8**
Changed function (5 %)	<u>0.66/80.8</u>	0.45/64.7	**0.73/91.4**
Changed function (10 %)	<u>0.32/56.2</u>	0.27/44.2	**0.55/75.0**
Changed function (15 %)	<u><0/37.0</u>	<0/28.6	**0.33/48.4**

Table 5. Albation Study on Key (G) dataset. NPC means the negative Pearson correlation loss. Replaced means that replace with other channels from a different session.

R^2	Day 7	Day 30	Day 56
CRRL & MSE	0.26± 0.050	0.18± 0.079	0.16 ± 0.088
CRRL & NPC	**0.41± 0.093**	**0.35± 0.007**	**0.32± 0.091**
CRRL & VAE	0.26± 0.105	0.21± 0.126	0.22± 0.148
CRRL & MLP	0.36± 0.019	0.33± 0.052	0.28± 0.091
CRRL & VQ-VAE	**0.41± 0.093**	**0.35± 0.007**	**0.32± 0.091**
CRRL wo Replaced	0.41± 0.093	**0.35± 0.007**	0.32± 0.091
CRRL wi Replaced	**0.42± 0.025**	0.35± 0.091	**0.32± 0.056**